



TUGAS AKHIR TF 141581

PERANCANGAN SISTEM TATA SUARA MASJID AL AQSHA SUKODONO-SIDOARJO

Amron Basuki
NRP 2412 100 054

Dosen Pembimbing
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
Ir. Tutug Dhanardono, M.T.

JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT TF 141581

AUDIO SYSTEM DESIGN OF MASJID AL AQSHA SUKODONO-SURABAYA

Amron Basuki
NRP 2412 100 054

Supervisors
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
Ir. Tutug Dhanardono, M.T.

Engineering Physics Department
Faculty of Industrial Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Amron Basuki

NRP : 2412100054

Jurusan : Teknik Fisika FTI ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Perancangan Sistem Tata Suara Masjid Al Aqsha Sukodono-Sidoarjo” adalah bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian suart ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 24 Januari 2017
Yang membuat pernyataan

Amron Basuki

Halaman ini memang dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM TATA SUARA MASJID AL AQSHA SUKODONO-SIDOARJO

TUGAS AKHIR

Oleh:

Amron Basuki

NRP : 2412 100 054

Surabaya, Januari 2017

Pembimbing I



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.

NIP. 19600229 198701 1 001

Pembimbing II



Ir. Tutug Dhanardono, M.T.

NIP. 19520613 198103 1 004



Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS

Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.

NIP. 19780902 200312 1 002

**PERANCANGAN SISTEM TATA SUARA
MASJID AL AQSHA SUKODONO-SIDOARJO**

TUGAS AKHIR

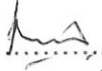



Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Vibrasi dan Akustik
Program Studi S1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
oleh :

**AMRON BASUKI
NRP. 2412100054**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc. (Pembimbing 1)
2. Ir. Tutug Dhanardono, M.T. (Pembimbing 2)
3. Ir. Yerri Susatio, M.T.(Ketua Penguji)
4. Dr. Doty Dewi Risanti, S.T., M.T. (Penguji 1)
5. Bagus Tris Atmaja, S.T., M.T. (Penguji 2)

Surabaya, Januari 2017

PERANCANGAN SISTEM TATA SUARA MASJID AL AQSHA SUKODONO-SIDOARJO

Nama : Amron Basuki
NRP : 2412 100 054
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
2. Ir. Tutug Dhanardono, M.T.

ABSTRAK

Masjid merupakan sarana ibadah utama bagi umat muslim yang membutuhkan kejelasan suara yang baik. Kejelasan suara membutuhkan kualitas akustik ruang dan sistem tata suara yang baik. Peningkatan kualitas kejelasan suara dapat dilakukan dengan perbaikan kualitas lingkungan akustik serta pemilihan dan penempatan speaker yang tepat. Perbaikan diawali dengan analisa kondisi akustik ruang masjid menggunakan parameter waktu dengung (RT60), Clarity dan Definition. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai RT60 sebesar 2.24 detik, C50 sebesar -1.98 dB dan D50 sebesar 27%. Nilai waktu dengung belum mencapai nilai yang direkomendasikan yaitu 1.9 detik, sedangkan C50 menunjukkan kualitas ruang akustik **sedang** serta D50 yang menunjukkan kualitas akustik ruang yang buruk. Dengan kondisi ruang tersebut, dilakukan perbaikan kualitas akustik ruang masjid dengan melakukan penambahan pemasangan karpet di lantai 1, sehingga diperoleh nilai waktu dengung sebesar 1.84 detik. Hasil ini digunakan sebagai dasar simulasi pemasangan speaker dengan kondisi ruang terisi setengah penuh dan penuh. Simulasi dengan kondisi ruang setengah menghasilkan nilai terbaik % Alcons sebesar 6.46% dan STI sebesar 0.606 untuk pemasangan speaker F2000. Sedangkan hasil simulasi dengan kondisi penuh menghasilkan nilai rerata terbaik % Alcons sebesar 6.07% dan STI sebesar 6.17 dengan pemasangan speaker BS1030 di bagian depan lantai 2 dan F2000 di bagian belakang. Hasil yang lebih merata ketika menggunakan speaker F2000 baik di bagian depan maupun belakang ruang lantai 2 dengan rerata % Alcons 6.08% dan STI 6.16.

Kata Kunci: Masjid, Akustik, Ucapan, Kejelasan

Halaman ini memang dikosongkan

AUDIO SYSTEM DESIGN OF MASJID AL AQSHA SUKODONO-SURABAYA

Name : Amron Basuki
NRP : 2412 100 054
Department : Teknik Fisika FTI-ITS
Supervisors : 1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
2. Ir. Tutug Dhanardono, M.T.

ABSTRAK

Masjid is the main place of worship for Muslims who need a good sound intelligibility. The sound intelligibility requires good room acoustic and or sound system quality. The improvement of speech intelligibility can be done with the improvement of acoustic quality as well as the selection and placement of the right speaker. Repair begun with an analysis of the masjid acoustics conditions using the parameters of the reverberation time (RT60), Clarity (C₅₀) and Definition (D₅₀). Based on the measurement results obtained RT60 value of 2.24 seconds, C₅₀ of -1.98 dB and D₅₀ at 27%. Reverberation time had not reached the recommended value of 1.9 seconds, while the C₅₀ indicated the poor quality of the acoustic and D₅₀ indicated a bad room acoustic quality. With the condition of the room, the improvements of the quality of room-acoustic of the mosque was done by adding carpet on the first floor, to obtain the reverberation time of 1.84 seconds. These result was used as the basis for the speaker placement simulation with the condition of the half-full and full room. The simulation of half-full room consition was resulting the best value %Alcons at 6.46% and STI for 0.606 with the speaker installation of F2000. While the results of the simulation with full conditions resulted the best average value %Alcons at 6.07% and STI at 6.17 with the installation of BS1030 speaker at the front of the 2nd floor and F2000 at the rear. More distributed value was resulted when using the F2000 speakers in the front and rear of the second floor room with the average %Alcons 6.08 and 0.616 for STI.

Keywords: Masjid, acoustics, Speech, Intelligibility

Halaman ini memang dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir di Bidang Vibrasi dan Akustik dengan judul :

“Perancangan Sistem Tata Suara Masjid Al Aqsha Sukodono-Sidoarjo”

Terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah membantu. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini ijin penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah, ibu, adik, dan kakak tercinta yang selalu mendoakan dan memberikan dorongan kepada penulis.
2. Agus Muh. Hatta, S.T., M.Si., P.hD. selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS serta Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T. selaku dosen wali penulis yang telah mendidik penulis selama kuliah di jurusan Teknik Fisika ITS.
3. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc. dan Ir. Tutug Dhanardono, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan dan petunjuk dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh Dosen Teknik Fisika FTI-ITS yang telah memberikan dukungan dan ilmunya kepada penulis.
5. Asisten Laboratorium Vibrastic dan Keluarga Teknik Fisika 2012, yang telah membantu pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Kabinet AKSI JMMI TPKI ITS dan Kawan-kawan Heroboyo #7 yang mendukung serta memberikan semangat bagi penulis.
7. Segenap keluarga besar Rumah Kepemimpinan yang telah memberikan dorongan dan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan baik isi maupun penulisan. Sehingga kritik dan saran InsyaaAllah akan penulis terima dengan lapang dada.

Akhirnya, semoga laporan ini dapat bermanfaat serta menambah pengetahuan dan wawasan baik bagi pembaca maupun penulis sendiri.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

Halaman ini memang dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah	2
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Parameter Akustik Ruang	5
2.2. Akustik dalam Masjid	9
2.3. Penempatan Sistem Audio dalam Ruang	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Alur Penelitian.....	15
3.2. Survei dan Pengukuran Awal	17
3.3. Desain dan Simulasi Masjid Tahap Awal	19
3.4. Pengukuran Parameter Akustik.....	21
3.5. Perbandingan RT60 Hasil Simulasi dan Pengukuran...	22
3.6. Perbaikan Akustik Ruang Masjid	23
3.7. Pemilihan Speaker dan Simulasi Pemasangan Speaker	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Pengukuran Parameter Akustik	31
4.2. Perbaikan Kualitas Akustik Ruang Masjid	34
4.3. Simulasi Parameter Akustik dengan Pemasangan Speaker.....	36
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan.....	65
5.2. Saran.....	66

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan Volume Ruang dengan Nilai Waktu Dengung yang disarankan ($RT_{recommended}$)	5
Gambar 2.2	Hubungan Koefisien Serapan bunyi dengan Nilai Waktu Dengung (RT)	6
Gambar 2.3	Rekomendasi Waktu Dengung untuk Masjid...	10
Gambar 2.4	Sistem Tata Suara Langit-Langit; (a) Tampak Samping, (b) Tampak Atas.....	12
Gambar 2.5	Hubungan Tingkat Tekanan Bunyi dengan Jarak	13
Gambar 2.6	Hubungan Tingkat Tekanan Bunyi dengan Daya	14
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	16
Gambar 3.2	Penampakan Desain 2 Dimensi Masjid Al Aqsha (Tampak Atas)	17
Gambar 3.3	Masjid Al Aqsha Tampak Depan	18
Gambar 3.4	Masjid Al Aqsha Tampak Samping Selatan.....	18
Gambar 3.5	Penampakan Desain Masjid Al Aqsha (dengan program Sketch Up-Tampak Atas).....	19
Gambar 3.6	Penampakan Desain Masjid Al Aqsha (dengan Program Sketch Up-Tampak Belakang Atas)...	20
Gambar 3.7	Denah Posisi Pengukuran di Masjid Al Aqsha...	21
Gambar 3.8	Denah Simulasi Lantai 1	26
Gambar 3.9	Denah Simulasi Masjid Terisi Penuh	28
Gambar 4.1	Distribusi % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> BS1030.....	37
Gambar 4.2	Pemetaan % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> BS1030.....	37
Gambar 4.3	Distribusi STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> BS1030.....	38
Gambar 4.4	Pemetaan STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> BS1030	38
Gambar 4.5	Distribusi % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> F2000	39
Gambar 4.6	Pemetaan % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> F2000	40

Gambar 4.7	Distribusi STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> F2000	40
Gambar 4.8	Pemetaan STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> F2000	41
Gambar 4.9	Distribusi % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> Gabungan.....	42
Gambar 4.10	Pemetaan % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> Gabungan.....	42
Gambar 4.11	Distribusi STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> Gabungan.....	43
Gambar 4.12	Pemetaan STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> Gabungan.....	44
Gambar 4.13	Distribusi % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> Bosch LB2-UC30	44
Gambar 4.14	Pemetaan % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> Bosch LB2- UC30.....	45
Gambar 4.15	Distribusi STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> Bosch LB2- UC30	46
Gambar 4.16	Pemetaan STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> Bosch LB2- UC30	46
Gambar 4.17	Distribusi % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> JBL Control 23	47
Gambar 4.18	Pemetaan % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> JBL Control 23	47
Gambar 4.19	Distribusi STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> JBL Control 23	48
Gambar 4.20	Pemetaan STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Lantai 1 Penuh dengan <i>Speaker</i> JBL Control 23	48
Gambar 4.21	Distribusi % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Variasi 1	51
Gambar 4.22	Pemetaan % <i>Alcons</i> (<i>Articulation Loss</i>) Variasi 1	52

Gambar 4.23 Distribusi STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Variasi 1	52
Gambar 4.24 Pemetaan STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Variasi 1	53
Gambar 4.25 Distribusi %Alcons (<i>Articulation Loss</i>) Variasi 2	55
Gambar 4.26 Pemetaan %Alcons (<i>Articulation Loss</i>) Variasi 2	55
Gambar 4.27 Distribusi STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Variasi 2	56
Gambar 4.28 Pemetaan STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Variasi 2	56
Gambar 4.29 Distribusi %Alcons (<i>Articulation Loss</i>) Variasi 3	57
Gambar 4.30 Pemetaan %Alcons (<i>Articulation Loss</i>) Variasi 3	57
Gambar 4.31 Distribusi STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Variasi 3	58
Gambar 4.32 Pemetaan STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Variasi 3	58
Gambar 4.33 Pemetaan %Alcons (<i>Articulation Loss</i>) Variasi 4	59
Gambar 4.34 Distribusi %Alcons (<i>Articulation Loss</i>) Variasi 4	60
Gambar 4.35 Distribusi STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Variasi 4	60
Gambar 4.36 Pemetaan STI (<i>Speech Transmission Index</i>) Variasi 4	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penilaian Speech Intelligibility (SI) berdasarkan nilai D_{50}	7
Tabel 2.2	Penilaian Speech Intelligibility (SI) berdasarkan nilai C_{50}	8
Tabel 2.3	Hubungan kualitas Transmisi Suara dan Nilai STI.	8
Tabel 2.4	Klasifikasi Nilai Alcons	9
Tabel 3.1	Daftar Bahan Pada Permukaan Ruang Masjid Al Aqsha	19
Tabel 3.2	Variasi Pemasangan Speaker BS1030	25
Tabel 3.3	Variasi Pemasangan <i>Speaker</i> di Lantai 1	27
Tabel 3.4	Variasi Pemasangan Speaker di Lantai 2.....	27
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran RT60 untuk Frekuensi 500Hz...	31
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran RT60 untuk Frekuensi 1000Hz	32
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Nilai RT6.....	32
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Nilai D_{50} dan C_{50}	33
Tabel 4.5	Hasil Simulasi Waktu Dengung dengan Variasi Isi Ruang Masjid	35
Tabel 4.6	Rekap Hasil Simulasi Lantai 1 (Orang Berdiri)	49
Tabel 4.7	Akumulasi Nilai Kualitas Suara dalam Kondisi Penuh	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Masjid merupakan bangunan yang penting bagi umat Muslim. Bangunan ini digunakan sebagai sarana bagi umat muslim untuk beribadah sehari-hari. Diantara ragam aktivitas yang dilakukan didalamnya adalah sholat berjamaah, mendengarkan khutbah jumat atau kajian, hingga pembacaan ayat suci Al Qur'an, yang membutuhkan kejelasan suara. Ketika khotib sedang berkhotbah atau ketika sedang dilaksanakan ceramah, maka suara penceramah harus terdengar oleh seluruh jamaah di masjid tersebut. Begitu juga dengan ibadah sholat, yang mengharuskan terdengarnya suara imam oleh seluruh jamaah. Sehingga ketika suara tidak merata dan tidak jelas karena adanya pantulan, menjadi permasalahan tersendiri bagi jamaah.

Memang, seringkali desain masjid mengabaikan dampak dari kualitas akustik ruangnya. Biasanya, perhatian itu diberikan setelah pembangunan selesai dan solusinya berujung pada penambahan sistem suara (Kassim, dkk. 2015). Selain itu, distribusi suara yang tidak merata dapat dipengaruhi oleh penggunaan banyak *speaker* kecil yang tingkat kekerasan suara dan penyebaran suaranya sempit. Penempatan *speaker* yang benar adalah salah satu faktor yang sangat penting didalam mendapatkan suara yang bagus di ruangan. Keseimbangan nada rendah dan tinggi ditentukan oleh penempatan speaker. Besar-kecil dan kualitas bass, latar musik yang lebar dan tiga dimensi, kebersihan nada tengah, artikulasi dan tampilan musik. (vokuz.com)

Masjid Al Aqsha adalah salah satu masjid yang terletak di wilayah kecamatan Sukodono, Sidoarjo yang masih dalam tahap akhir pembangunan. Dalam hal ini diperlukan sistem audio yang sesuai untuk menunjang aktivitas di masjid tersebut. Belum adanya informasi yang dapat menunjukkan kualitas akustik dalam ruang itu berpengaruh pada pemilihan jenis sistem audio yang digunakan

dan penempatan sistem audio tersebut. Sehingga perlu dilakukan analisis kualitas akustik ruang masjid Al Aqsha untuk mengetahui kondisi ruangan masjid agar dapat ditentukan penanganan perbaikan tambahan pada ruang masjid serta melakukan perancangan penempatan audio dalam ruang masjid.

1.2. Permasalahan

Berdasarkan uraian pada latar belakang dirumuskan permasalahan dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Bagaimana kondisi kualitas akustik ruang dalam masjid Al Aqsha Sukodono - Sidoarjo?
2. Bagaimana perancangan perbaikan ruangan masjid Al Aqsha Sukodono - Sidoarjo?
3. Bagaimana perancangan sistem audio untuk ruang masjid Al Aqsha Sukodono - Sidoarjo?

1.3. Tujuan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi kualitas akustik ruang dalam masjid Al Aqsha Sukodono - Sidoarjo
2. Melakukan perancangan perbaikan ruangan masjid Al Aqsha Sukodono - Sidoarjo
3. Melakukan perancangan sistem audio untuk ruang masjid Al Aqsha Sukodono - Sidoarjo

1.4. Batasan Masalah

Adapun batas ruang lingkup dari penelitian ini agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan dan rumusan masalah, antara lain :

1. Masjid yang dijadikan objek penelitian adalah masjid Al Aqsha Sukodono, Sidoarjo.
2. Parameter akustik yang digunakan penelitian ini adalah waktu dengung (untuk evaluasi ruang masjid dan perancangan perbaikan), serta % Alcons dan STI (untuk evaluasi pemasangan speaker).

3. Perancangan perbaikan kualitas akustik ruang dan penempatan speaker dilakukan dengan perangkat lunak EASE 4.3.
4. Perancangan sistem tata suara dengan variasi 4 jenis speaker yaitu TOA F2000, TOA BS-1030, Bosch LB2-UC30, dan JBL Control 23.

Halaman ini memang dikosongkan

BAB II DASAR TEORI

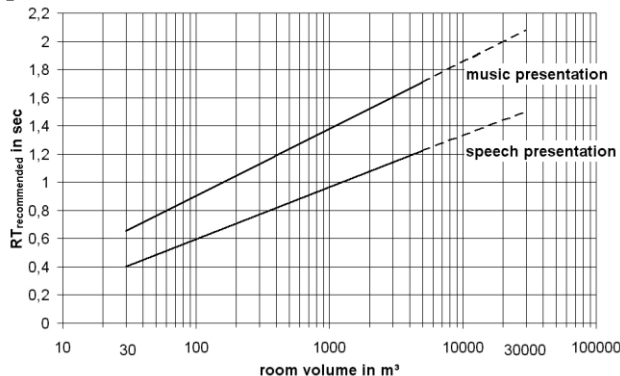
2.1. Parameter Akustik Ruang

Kriteria akustik pada ruangan terdiri dari beberapa macam, yaitu waktu dengung, *clarity* (*C*), *Early decay time* (*EDT*) and *Definition* (*D*).

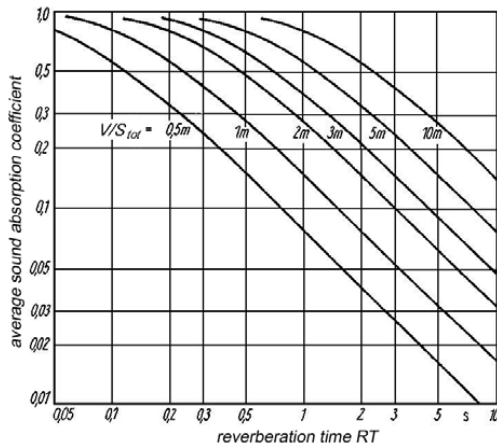
1. Waktu Dengung

Waktu dengung didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan tingkat tekanan bunyi untuk meluruh sebesar 60 dB, yang dapat diperoleh dari garis regresi linier peluruhan 5dB hingga 35 dB dari tingkat tekanan bunyi tertinggi (ISO, 1997). Dalam perkembangannya, waktu dengung tidak hanya didasarkan pada peluruhan 60 dB saja, tetapi juga pada pengaruh suara langsung dan pantulan awal (EDT) atau peluruhan-peluruhan yang terjadi kurang dari 60 dB, seperti 15 dB (RT15), 20 dB (RT20), dan 30 dB (RT30). (Indrani, 2007).

Waktu dengung berhubungan dengan volume ruang dan luas permukaan bidang serapan bunyi pembentuk ruang. Hal itu dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2.1 Hubungan Volume Ruang dengan Nilai Waktu Dengung yang disarankan (RT_{recommended}). (Ahnert, 2008)



Gambar 2.2 Hubungan Koefisien Serapan bunyi dengan Nilai Waktu Dengung (RT). (Ahnert, 2008)

Nilai waktu dengung suatu ruang juga dapat dihitung ketika mengetahui nilai koefisien absorpsi setiap permukaan yang ada dalam ruang tersebut. Perhitungan nilai waktu dengung dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini:

$$RT_{60} = \frac{0,161 V}{\alpha \cdot S} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- RT60 : Waktu dengung (detik)
- V : Volume ruang
- α : rerata koefisien serap
- S : Luas Permukaan Ruang

2. Definition (D)

Definition (D) merupakan parameter kejelasan pembicaraan dalam suatu ruang dengan memanfaatkan konsep perbandingan energi yang termanfaatkan dengan energi total dalam ruangan. D_{50} berarti perbandingan energi yang diterima pada 50 ms pertama dengan keseluruhan energi yang diterima. D_{50} akan semakin baik ketika nilainya lebih dari 0% ($D_{50} > 0\%$). (Indrani, 2007). Pantulan suara pada 50 ms awal merupakan fraksi bersama dengan suara

langsung, yang sesuai dengan percakapan. Menurut Kassim (2015), nilai D_{50} harus lebih besar dari 20% untuk mencapai kualitas musik dan pidato. Secara menyeluruh, penilaian kejelasan suara dengan parameter definisi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penilaian Speech Intelligibility (SI) berdasarkan nilai D_{50} (Indrani, 2007).

D_{50} (%)	SI (%)	Kategori
0-20	0-60	Sangat Buruk
20-30	60-80	Buruk
30-45	80-90	Cukup / Sedang
45-70	90-97,5	Bagus
70-80	97,5-100	Sangat Bagus

Nilai D_{50} dapat dihitung dengan mengetahui nilai waktu dengung (RT_{60}) terlebih dahulu, berdasarkan persamaan berikut ini :

$$D_{50} = 1 - e^{-\frac{0,69}{RT_{60}}} [\%] \quad (2.2)$$

Keterangan :

RT_{60} : Waktu dengung (detik)

3. *Clarity (C)*

Clarity atau kejernihan bunyi merupakan ukuran kejelasan suara dalam ruang yang diukur dengan membandingkan antara energi suara yang datang antara 0.05 – 0.08 detik pertama (suara termanfaatkan) dengan suara pantulan yang datang berikutnya (terlambat) yang dianggap sebagai suara yang merusak. Suara terlambat merupakan akibat dari pantulan yang menyebabkan lamanya waktu dengung. *Clarity* dibagi menjadi dua yaitu *Clarity* 50 (C_{50}) dan *Clarity* 80 (C_{80}). Tingkat kejelasan pembicaraan semakin baik ketika nilai *clarity* (C_{50}) lebih besar atau sama dengan -2 dB. (Indrani, 2007).

Nilai C_{50} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$C_{50}(dB) = 10 \log(e^{\left(\frac{1,104}{RT_{60}}\right)} - 1) \quad (2.3)$$

Tabel 2.2 Penilaian Speech Intelligibility (SI) berdasarkan nilai C_{50} (Czerwinski, 2014)

Nilai Kualitas	Nilai C_{50}
Bad	-15 s.d -7
Poor	-7 s.d 2
Good	2 s.d 7
Excellent	>7

4. *Speech Transmission Index (STI)*

STI merupakan ukuran objektif untuk kejelasan ucapan selama transmisi. Nilai STI berdasarkan pada pengurangan sinyal modulasi suara antara sumber bunyi dengan posisi pengukuran. STI menunjukkan pengaruh sistem transmisi suara dalam ruang. STI bergantung pada kondisi ruang (dengung), gangguan (noise), dan pengaruh sinyal yang berasal dari luar yang mengganggu transmisi suara. Ukuran kejelasan dengan menggunakan STI ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Hubungan kualitas Transmisi Suara dan Nilai STI (Ahnert, 2008)

Nilai Kualitas	Nilai STI
Unsatisfactory	0.00-0.30
Poor	0.30-0.45
Satisfactory	0.45-0.60
Good	0.60-0.75
Excellent	0.75-1.00

5. *Articulation Loss (%Alcons)*

Articulation Loss (%Alcons) merupakan salah satu ukuran tingkat kejelasan suara (*Speech Intelligibility*) dalam ruang. Alcons menunjukkan hilangnya bagian konsonan dari suara yang diucapkan. Nilai waktu dengung juga berpengaruh terhadap nilai Alcons, oleh karena semakin tinggi waktu dengungnya akan semakin banyak *noise* yang mengurangi tingkat kejelasan (Ahnert,

2008). Semakin kecil nilai Alcons semakin baik tingkat kejelasannya. Alcons dapat digunakan sebagai sarana prediksi atau perancangan akustik ruang dan sistem suara dalam ruang. Dimana nilai Alcons dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\%Alcons = \frac{200D^2T^2(n+1)+K}{QV} \quad (2.4)$$

Keterangan :

D : Jarak pendengar ke sumber suara

T : Waktu dengung (s)

n+1 : Jumlah speaker

Q : Keterarahan speaker

V : Volume Ruang

K : Faktor Koreksi (1,5)

Tabel 2.4 Klasifikasi Nilai Alcons (Ahnert, 2008)

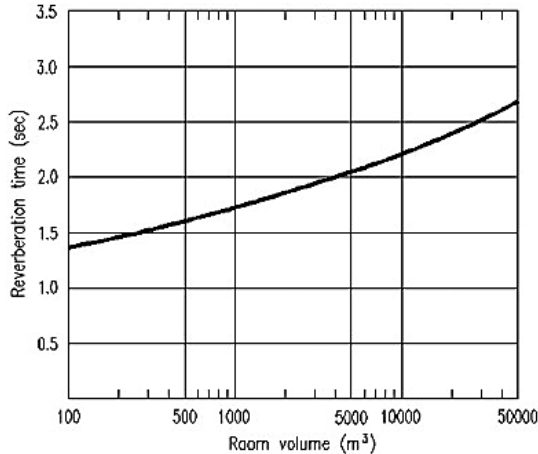
Nilai Kualitas	Nilai Alcons
Ideal	$\leq 3\%$
Good	3-8%
Satisfactory	8-11%
Poor	>11%
Worthless	>20% (nilai batasnya 15%)

2.2. Akustik dalam Masjid

Masjid merupakan bangunan yang penting bagi umat Muslim. Bangunan ini digunakan sebagai sarana bagi umat muslim untuk beribadah sehari-hari. Kebutuhan dalam masjid dapat dirangkum dalam tiga bagian, yaitu bagaimana suara Imam sholat dapat terdengar oleh jamaah (*audibility*), khutbah dapat dikenali dengan baik, dan mendengarkan bacaan Al Qur'an, meskipun terkadang juga digunakan untuk keperluan yang berkaitan dengan musik. Dalam hal ini sangat dibutuhkan kejelasan ucapan maupun suara yang lain, yang biasanya terukur dengan waktu dengung (*reverberation time-RT*) untuk mengungkapkan *speech audibility*, kejelasan, dan kelapangan suara. (Eldien, 2012).

Diperlukan beberapa parameter objektif untuk mengetahui kejelasan percakapan (*Speech Intelligibility*) dalam ruang,

diantaranya adalah Waktu Dengung atau *Reverberation Time (RT)*, waktu peluruhan awal/ *Early Decay Time (EDT)*, *Definition (D₅₀)*, *Clarity (C₅₀)*, dan *Articulation loss of Consonant (Al_{cons})*. (Asmoro, 2007)



Gambar 2.3 Rekomendasi Waktu Dengung untuk Masjid (Kayili, 2005)

Sebagaimana tertera dalam bagian sebelumnya, bahwa untuk keperluan masjid yang menghendaki nilai kejelasan percakapan yang optimal terdapat beberapa nilai parameter yang harus dipenuhi. Secara khusus, Kayili (2005) merekomendasikan nilai waktu dengung untuk masjid dengan mengacu pada volume ruangnya, sebagaimana tertera pada Gambar 2.3.

2.3. Penempatan Sistem Audio dalam Ruang

Sistem Audio merupakan susunan komponen yang berfungsi untuk menangkap dan menguatkan suara dalam ruang untuk kemudian diteruskan ke tempat lain atau direkam untuk keperluan kemudian. Sedangkan *sound reinforcement*, merupakan sistem yang digunakan untuk membuat suara lebih keras dan menyalurkannya kepada pendengar. Sistem penguat suara dibutuhkan agar suara

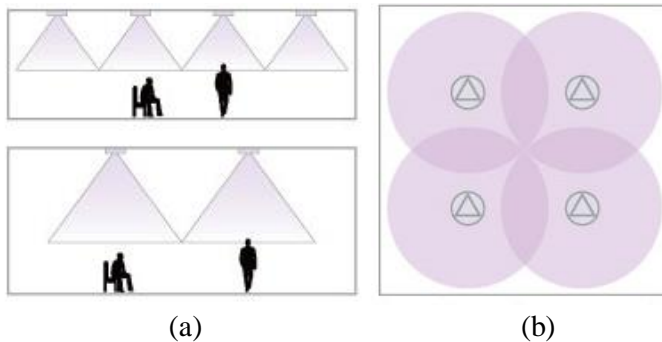
yang disampaikan pembicara dapat terdengar dengan baik oleh pendengar yang ada dalam lingkungan tertentu. Tidak semua kondisi dalam ruangan tertutup membutuhkan sistem pengeras suara.

Penempatan speaker menjadi penting untuk diperhatikan guna memperoleh pemerataan suara dalam ruang. Dalam peletakkan speaker pada langit-langit perlu memperhatikan tinggi rendahnya langit-langit. Ruangan dengan langit-langit lebih rendah membutuhkan lebih banyak pasangan speaker, begitu pula sebaliknya, untuk langit-langit yang lebih tinggi membutuhkan lebih sedikit speakernya. Oleh karena sapuan suara dengan posisi yang tinggi semakin luas.

Dalam pemasangan speaker pada atap atau langit-langit, terdapat dua hal yang perlu diperhatikan yaitu jarak antar *speaker* (*speaker spacing*) dan pola penempatan *speaker*, bujur sangkar atau heksagonal. Sedangkan dalam pemasangan speaker pada dinding penting untuk memperhatikan area cakupan speaker dan jarak antar speaker serta ketinggian penempatan speaker.

Penempatan loudspeaker dapat dilakukan dengan beberapa tipe, diantaranya adalah:

1. Terpusat, posisi *speaker* sama dengan sumber bunyi asli memberi kesan terasa alami (terutama untuk pidato).
2. Tersebar, tipe ini digunakan untuk aktivitas yang mememintangkan kejelasan suara dibanding arah bunyi. Seperti bandar udara, speaker diletakkan pada kolom secara merata.
3. Terpadu dengan kursi (seat-integrated), peletakkan speaker secara terpadu di belakang kursi. Tipe ini bertujuan agar bunyi pelan dapat didengar secara jelas, dan pada umumnya diterapkan di gereja.
4. Kombinasi, yakni kombinasi dari beberapa tipe, seperti tipe terpusat dengan tipe tersebar.



Gambar 2.4 Sistem Tata Suara Langit-Langit; (a) Tampak Samping, (b) Tampak Atas (yamahaproaudio.com)

Pemilihan jenis speaker menjadi penting untuk dapat memperoleh nilai kejelasan dan mencapai fungsi ruang dengan baik. Pemilihan speaker harus menyesuaikan kondisi ruang. Ruang yang terlalu tinggi tidak cocok menggunakan speaker atap, atau ruang yang luas tanpa kolom akan sulit jika dipasang speaker tipe wall-mount.

Selain itu, kriteria atau spesifikasi dalam speaker juga penting untuk diperhatikan. Ada spesifikasi penting dari speaker yang perlu diperhatikan, yaitu respon frekuensi dan sensitivitas. Frekuensi respon menunjukkan rentang kerja dari sebuah speaker pada rentang frekuensi dengar manusia (20 Hz s.d 20.000 Hz). Dalam frekuensi respon ini, dapat dilihat keluaran speaker berbanding dengan frekuensi. Speaker yang baik memiliki respon frekuensi yang datar atau diindikasikan dengan deviasi yang kecil ($\pm 3\text{dB}$).

Sedangkan sensitivitas menunjukkan efisiensi dari speaker. Menunjukkan seberapa keras suara akan dibangkitkan dari speaker dengan daya masukan standar (1 W) dan diukur dari jarak 1 meter. Sensitivitas memiliki satuan decibel (dB). Semakin tinggi nilai sensitivitas ini semakin efisien. Nilai speaker biasanya berada pada pertengahan 80-an dB, namun akan lebih baik jika bernilai 90dB (cedia.org).

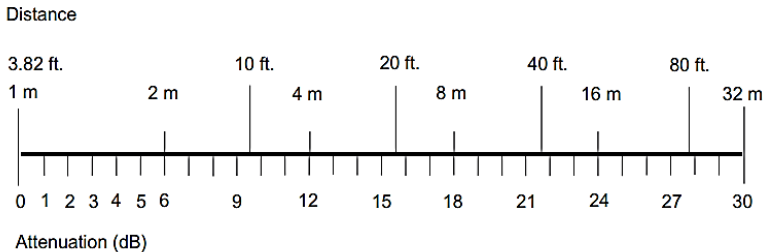
Tingkat tekanan bunyi yang terukur dari sebuah sumber bunyi bergantung pada daya masukan sumber tersebut dan jarak pengukuran dari sumber bunyi. Hubungan jarak dengan besar tekanan bunyi yang terukur dapat dilihat pada Gambar 2.5. Secara matematis dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{SPL} = 20 \log D \quad (2.5)$$

Keterangan :

SPL = *Sound Pressure Level* pada jarak D

D = Jarak dari sumber suara



Gambar 2.5 Hubungan Tingkat Tekanan Bunyi dengan Jarak (TOA, 2002)

Hubungan daya dengan besar tekanan bunyi yang dikeluarkan speaker dapat dilihat pada Gambar 2.6. Secara matematis dapat dihitung dengan persamaan berikut.

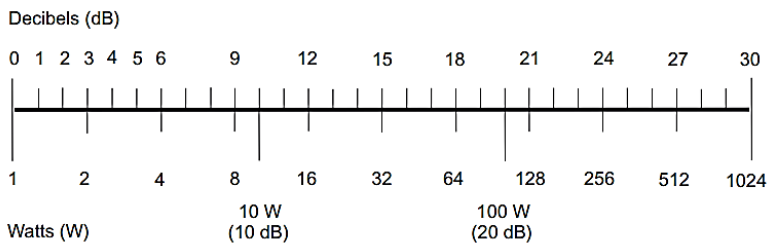
$$\text{SPL} = 10 \log (P_1/P_0) \quad (2.6)$$

Keterangan :

SPL = *Sound Pressure Level* untuk P_1

P_1 = Daya yang diberikan pada speaker

P_0 = Daya Referensi (1 Watt)



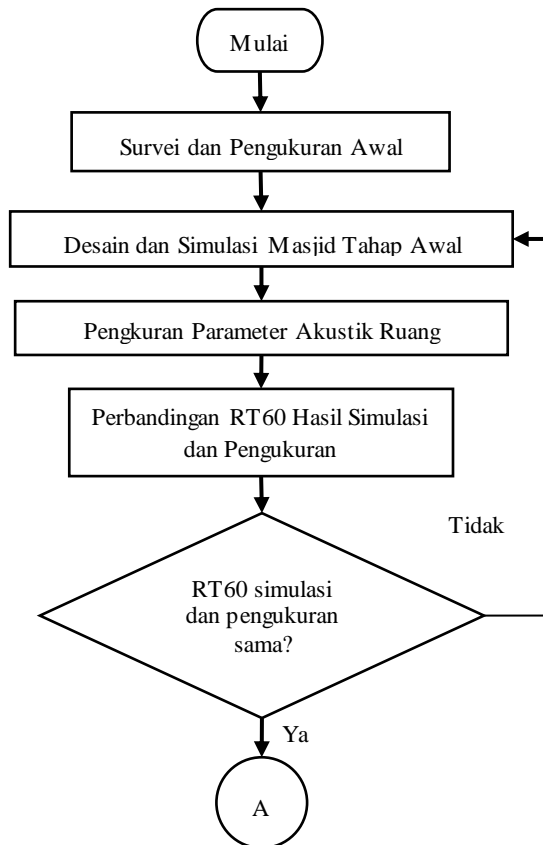
Gambar 2.6 Hubungan Tingkat Tekanan Bunyi dengan Daya (TOA, 2002)

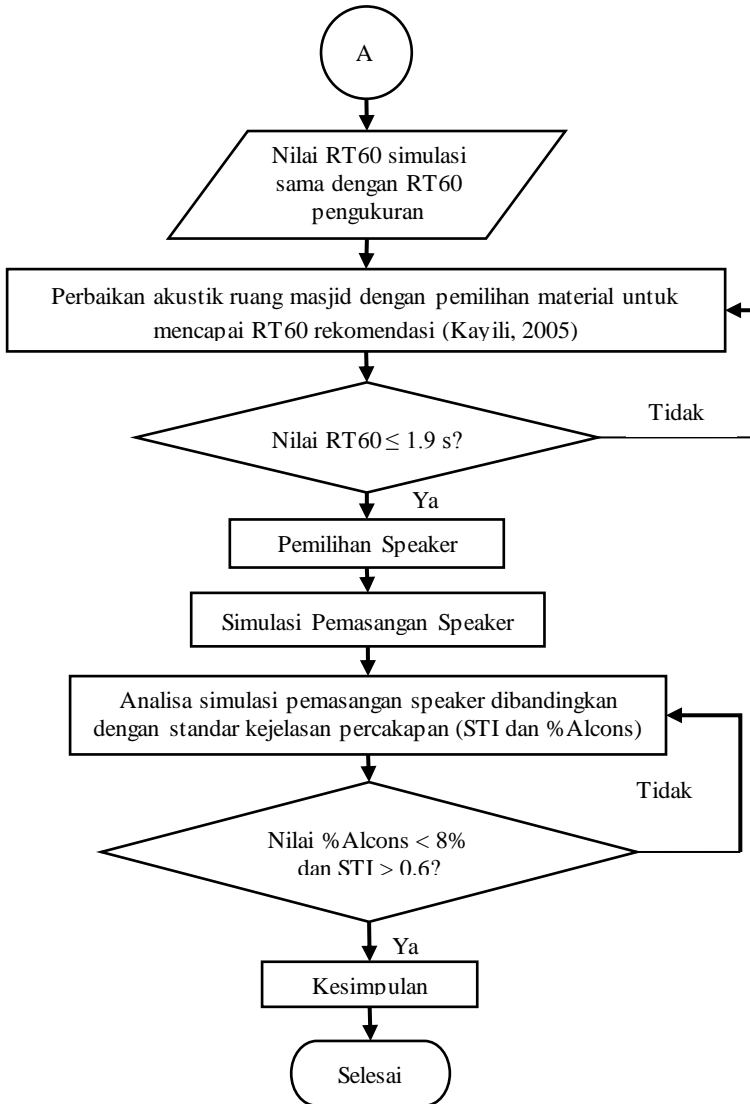
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metode dalam perencanaan sistem audi di masjid Al Aqsha ini terdiri dari beberapa tahapan. Secara umum tahapan penelitian ini dijelaskan seperti dibawah ini.

3.1. Alur Penelitian

Tahapan penelitian digambarkan dalam sebuah diagram alir sebagaimana tertera pada gambar dibawah ini :





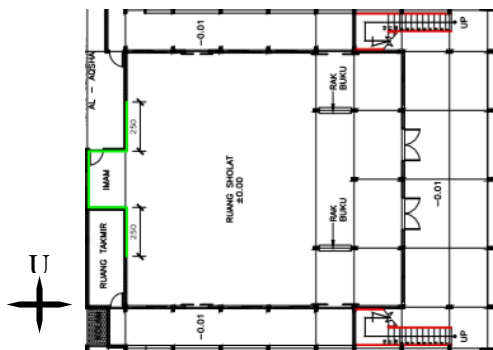
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan tinjauan lokasi (survei lapangan) untuk melihat kondisi masjid yang masih dalam

proses pembangunan tahap akhir. Dalam peninjauan ini dilakukan pengukuran langsung setiap bagian masjid yang meliputi ukuran ruang (panjang, tinggi, lebar), ukuran jendela, pintu, tiang. Selain itu juga dilakukan pendataan bahan-bahan yang digunakan pada permukaan bangunan dalam masjid tersebut. Data ini diperlukan untuk melakukan desain pada perangkat lunak komputer.

Setelah tahap peninjauan dilakukan desain dengan perangkat lunak Sketchup yang selanjutnya desain ini di-import kedalam perangkat lunak EASE 4.3 guna dilakukan simulasi untuk mengetahui kondisi ruang. Dilakukan simulasi pemasangan *loudspeaker* sebagai dasar rekomendasi pemasangan yang sesuai baik jenis maupun posisi *loudspeaker*. Tahapan lain yang telah dilakukan adalah pengukuran parameter akustik. Dalam hal ini digunakan metode impuls untuk mengetahui respon ruangan dalam nilai RT60. Nilai ini adalah acuan desain ruang yang disimulasikan dalam EASE 4.3 sekaligus sebagai bentuk evaluasi kondisi ruang masjid. Nilai RT60 pada simulasi dirancang (dengan penentuan material) sama dengan kondisi nyata, kemudian diperbaiki untuk mencapai nilai kualitas akustik yang optimal sehingga dalam simulasi penempatan dan pemilihan *loudspeaker* sesuai dengan yang diharapkan.

3.2. Survei dan Pengukuran Awal



Gambar 3.2 Penampakan Desain 2 Dimensi Masjid Al Aqsha (Tampak Atas)

Perancangan awal dilakukan setelah melakukan survei. Selain itu, survei diperlukan untuk melakukan perencanaan pengambilan data parameter akustik yang akan dijelaskan berikutnya. Hasil survei dan pengukuran awal ini adalah ukuran masjid (validasi dari desain 2 dimensi yang sudah ada-Gambar 3.2) beserta bahan yang digunakan dalam masjid tersebut. Bahan permukaan bangunan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Gambar 3.3 Masjid Al Aqsha Tampak Depan



Gambar 3.4 Masjid Al Aqsha Tampak Samping Selatan

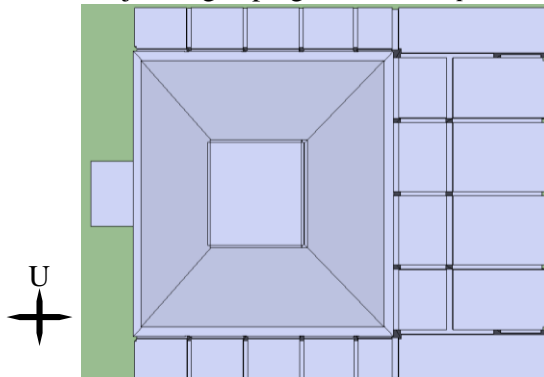
Tabel 3.1 Daftar Bahan Pada Permukaan Ruang Masjid Al Aqsha

No.	Permukaan	Luas Permukaan (m ²)	% Luas Permukaan
1.	Plafon (Gypsum)	540,95	464.93
2.	Lantai Keramik	402,55	359.75
3.	Dinding Granit	102,58	88.10
4.	Dinding Cat	274,72	166.98
5.	Dinding Plaster	53,06	45.76
6.	Ventilasi 1	78,05	38.59
7.	Ventilasi 2	28,5	24.42
8.	Jendela dan pintu	188,4	103.81
9.	Kusen	147,85	18.27
10.	Pintu	2,12	1.87814
11.	Kolom (Tiang Beton)	310,09	266.53
12.	Karpet	70,5	46.78
13	Papan Triplek Pembatas	27,83	23.90
14.	Pembatas Tangga	59,9	57.71

3.3. Desain dan Simulasi Masjid Tahap Awal

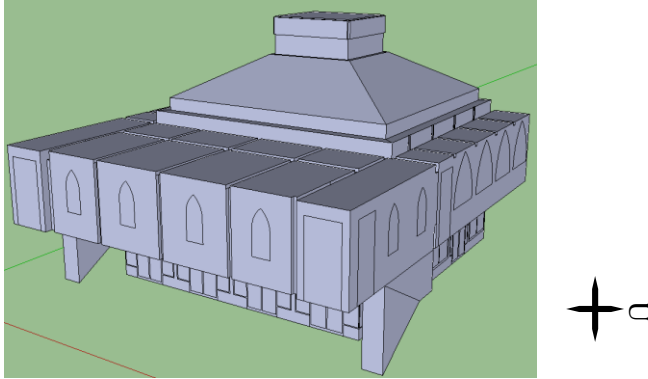
Perancangan masjid dalam tahap ini melalui langkah-langkah berikut :

1. Desain Masjid dengan program *Sketchup*



Gambar 3.5 Penampakan Desain Masjid Al Aqsha (dengan program Sketch Up-Tampak Atas)

Kondisi masjid Al Aqsha digambarkan ulang dengan menggunakan perangkat lunak *Sketchup* sebagaimana tertera pada Gambar 3.3 dan 3.4. Dalam perangkat ini, ditentukan pula bagian dari masjid yang berupa pintu, dinding, atap, jendela, lantai dan lain sebagainya yang dalam *Sketchup* disebut dengan *layer*. Dalam desain ini, satuan yang digunakan adalah satuan nyata seperti kondisi nyata, dalam arti bukan dalam bentuk skala.



Gambar 3.6 Penampakan Desain Masjid Al Aqsha (dengan Program Sketch Up-Tampak Belakang Atas)

2. Simulasi awal dengan program EASE

Setelah dilakukan proses desain dengan *sketchup*, kemudian desain di-*import* ke program EASE 4.3. Bahan untuk setiap *layer* yang telah dipilih pada program *Sketchup* disesuaikan dengan bahan yang telah dibuat dan atau tersedia pada program EASE berdasarkan data koefisien absorpsi bahan tersebut.

Tujuan simulasi ini adalah untuk menyamakan kondisi lapangan (hasil pengukuran) dengan kondisi simulasi. Waktu dengung simulasi harus samadengan hasil pengukuran. Nilai hasil simulasi yang sama dengan hasil pengukuran adalah dasar perbaikan ruang. Dalam hal ini nilai RT60 yang harus dicapai dalam simulasi adalah 2,24 detik (hasil pengukuran).

lantai pada posisi pengukuran sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.7.

Pengambilan data dilakukan pada empat titik yang ditentukan sebagai perwakilan setiap bagian masjid. Masing-masing posisi pengukuran adalah di bagian belakang dan samping, serta di lantai 1 pada ruang utama dan ruang dibawah balkon (bagian belakang). Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap posisi pengukuran.

Data yang diperoleh dari pengukuran ini selanjutnya diolah dengan menggunakan program *microsoft excel* untuk menghitung nilai waktu dengung (RT60) dengan mengambil data pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz sesuai dengan standar yang digunakan dalam pengambilan data waktu dengung dari ISO 3382-1997.

3.5. Perbandingan RT60 Hasil Simulasi dan Pengukuran

Sebelum dilakukan perbandingan hasil simulasi tahap awal dan hasil pengukuran, dilakukan perhitungan data hasil pengukuran. Pengukuran yang dilakukan pada empat titik dengan tiga kali pengukuran setiap titik, menghasilkan 12 data pengukuran dalam bentuk tingkat tekanan bunyi berdasarkan frekuensi. Data yang diolah adalah data pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz.

3.5.1. Perhitungan Nilai RT60

Proses pengolahan data yang dilakukan melalui beberapa tahap berikut :

1. Perhitungan RT30

Berdasarkan data ini, dilakukan perhitungan RT30, yaitu peluruhan -5dB dari Tingkat tekanan Bunyi tertinggi sampai -35dB. Peluruhan yang terjadi dari -5dB sampai dengan -35 dB digambarkan dalam bentuk grafik untuk kemudian diketahui persamaan garis lurus nya. Berdasarkan persamaan garis lurus peluruhan ini, dihitunglah nilai RT60 yang merupakan peluruhan 60dB dari tingkat tekanan bunyi maksimum, untuk setiap posisi.

2. Perhitungan RT60

Nilai RT60 yang diperoleh dari setiap frekuensi (500 Hz dan 1000 Hz) dirata-rata untuk setiap titik pengukuran. Hasil Rata-rata

setiap frekuensi 500 Hz pada setiap titik pengukuran ini dirata-rata dengan nilai RT60 1000 Hz. Hasil akhir yang merupakan nilai waktu dengung dari ruangan masjid ditentukan oleh rata-rata dari semua posisi pengukuran. Nilai ini menjadi dasar untuk melakukan simulasi ruang masjid menggunakan perangkat EASE 4.3. Dimana acuan simulasi tahap awal masjid harus mendapatkan nilai yang sama dengan hasil pengukuran. Dengan nilai RT60 pengukuran (2,24 detik) yang lebih besar dari rekomendasi (1,9 detik), maka nilai ini menjadi dasar untuk dilakukan perbaikan dengan basis simulasi dengan besaran perbaikan mengacu pada luasan serap yang dibutuhkan untuk mencapai RT60 sebesar 1,9 detik.

3. Perhitungan D_{50} dan C_{50}

Nilai D_{50} dan C_{50} dihitung dengan nilai RT60 menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3. Sebagaimana dalam perhitungan RT60, menghitung RT60 juga berdasarkan frekuensi dan posisi. Setiap frekuensi dari setiap posisi dirata-rata kemudian rata-rata setiap posisi ini yang menjadi nilai RT60.

3.5.2. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi

Perbandingan ini dimaksudkan agar simulasi tahap awal yang telah dijelaskan pada bagian 3.3 memiliki nilai yang sama dengan nilai RT60 hasil pengukuran, yaitu 2,24 detik. Hal ini dilakukan untuk memperoleh desain acuan kondisi nyata sebelum dilakukan perbaikan ruang. Ketika belum diperoleh nilai RT60 simulasi yang sama dengan hasil pengukuran, maka dilakukan perubahan material dari permukaan dalam masjid (simulasi). Karena bisa jadi pemilihan material yang dilakukan sebelumnya kurang tepat dengan kondisi nyata.

3.6. Perbaikan Akustik Ruang Masjid

Perbaikan ruang akustik ini ditujukan untuk mencapai nilai waktu dengung sebesar 1,9 detik untuk ruang masjid dengan volume $2.226,32 \text{ m}^3$ (Kayili, 2005).

Perbaikan dilakukan dengan menghitung selisih luasan serap ($\Sigma \alpha.S$) untuk waktu dengung hasil pengukuran dengan luasan serap untuk waktu dengung yang diharapkan (1,9 detik). Selisih ini

menjadi dasar pemilihan material yang ditambahkan dalam ruang dengan luasan tertentu, untuk mencapai nilai luasan serapan yang diharapkan.

$$RT60 = \frac{0,161 V}{\alpha.S} \quad (3.1)$$

Dengan melakukan perhitungan sederhana berdasar pada persamaan 3.1, akan diketahui selisih luasan serap ($\alpha.S$) yang diperlukan untuk menurunkan waktu dengung. Selanjutnya ditentukan material yang dapat menutup kekurangan (selisih) tersebut. Material yang telah dipilih untuk ditambah/kurangkan dari ruangan selanjutnya disimulasikan dengan program EASE (dengan desain hasil perbandingan pengukuran dan simulasi) untuk mengetahui nilai waktu dengungnya dalam simulasi. Desain ruang perbaikan ini menjadi desain acuan untuk melakukan perancangan pemasangan *speaker*. Oleh karena kondisi ruang sudah baik, maka pemilihan dan penempatan *speaker* lebih mudah. Dengan perbaikan ini diperoleh nilai RT60 sebesar 1.84 detik.

3.7. Pemilihan Speaker dan Simulasi Pemasangan Speaker

Simulasi pada tahap ini dilakukan untuk melakukan perancangan pemasangan penguat suara dalam masjid Al Aqsha. Simulasi dilakukan dalam kondisi ruang yang telah diperbaiki (nilai RT60 sesuai dengan rekomendasi untuk ruang masjid, yaitu 1,9 detik) dengan variasi berupa orang sebagai pengisi masjid.

Kondisi dalam masjid divariasikan dengan terisi penuh (lantai 1 dan 2) dan setengah penuh (penuh lantai 1 saja) baik dalam kondisi orang berdiri atau duduk. Simulasi awal yang dilakukan untuk mengetahui nilai waktu dengung sebagai akibat penambahan orang dalam masjid. Kondisi ini diasumsikan meakili kondisi keterisian masjid dalam penggunaannya sehari-hari.

3.7.1. Ketentuan Umum Simulasi Pemasangan Speaker

Perangkat *speaker* ditambahkan dengan variasi jenis dan penempatannya untuk mengetahui perbandingan jenis penguat suara dengan melihat hasil nilai kejelasan percakapan (*Speech*

Intelligibility). Parameter *Speech Intelligibility* (SI) yang digunakan adalah STI (*Speech Transmission Index*) dan %Alcons (*Articulation Loss*). Nilai STI yang diharapkan adalah $>0,6$ sedangkan untuk Alcons $\leq 8\%$, dimana nilai ini masuk dalam kategori *Good to Excellent (Ideal)*.

Perangkat pengeras suara yang digunakan adalah TOA ZS-F2000, ZS-BS1030, BoschLB2-UC30 dan JBL Control 23. Pemilihan speaker ini didasarkan pada nilai daya input, dan sudut cakupan *speaker*.

Tabel 3.2 Variasi Pemasangan Speaker BS1030 (TOA, 2002)

Tinggi diatas pendengar (ft)	Sudut angguk (derajat)	Jarak cakupan (ft)	Jarak antar speaker (ft)
2	10	11	19
3	10	17	29
4	10	23	39
5	10	28	48
4	20	11	20
5	20	14	25
6	20	16	29
8	20	22	39
10	20	27	49
8	30	14	27
10	30	17	34
12	30	21	40

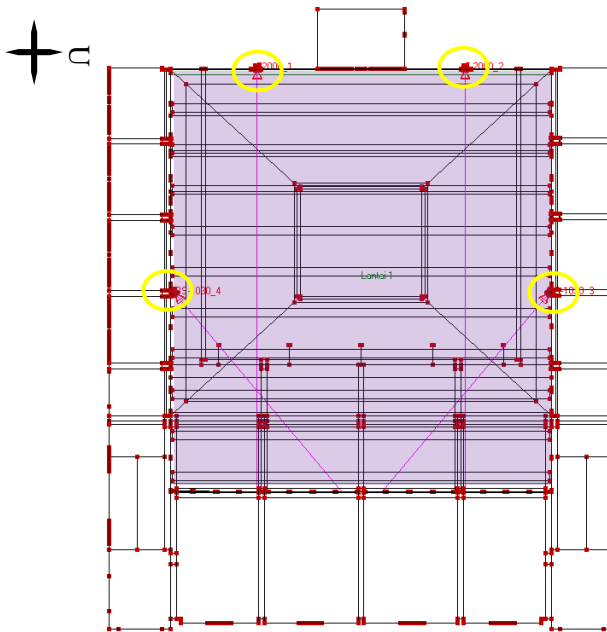
Dalam simulasi ini *Speaker* ditempatkan pada ketinggian 3 meter diatas lantai atau 1,5 meter (5 ft) diatas telinga manusia dewasa berdiri yang ditetapkan (150 cm). Ketinggian *speaker* ini mengacu pada pilihan pemasangan *speaker* yang dianjurkan TOA untuk speaker TOA ZS-BS1030 untuk nantinya mengatur sudut angguk *speaker* sebesar 10° (Tabel 3.2).

Simulasi ditampilkan dalam bentuk histogram yang menunjukkan distribusi STI maupun %Alcons dan dalam bentuk peta kontur yang menggambarkan persebaran STI dan %Alcons pada *audience area*. *Audience area* merupakan permukaan yang

ditentukan dalam EASE sebagai area yang menggambarkan tempat di terimanya suara dalam ruang. Audience area ini memiliki luas yang sama dengan luasan tempat orang dalam masjid dengan ketinggian yang disesuaikan dengan ketinggian telinga manusia.

3.7.2. Simulasi Pemasangan Speaker di Lantai 1

Simulasi pemasangan speaker yang pertama adalah simulasi di lantai 1. Dalam desain EASE yang menggambarkan posisi lantai 1 (*audience area* untuk lantai 1) dapat dilihat dalam Gambar 3.8, yang ditandai dengan tulisan Lantai 1 (Blok biru transparan). Sedangkan peletakan speaker ditandai dengan lingkaran berwarna kuning, dengan sumbu aksis *speaker* ditunjukkan dengan garis lurus berwarna biru.



Gambar 3.8 Denah Simulasi Lantai 1

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh bahwa untuk simulasi lantai 1 yang masuk klasifikasi **baik** untuk kedua parameter

(% Alcons dan STI) adalah TOA F-2000, Gabungan (TOA F-2000 dan BS-1030), dan Bosch LB2-UC30. Dengan nilai paling baik didapatkan dari simulasi pemasangan *speaker* TOA F2000.

Tabel 3.3 Variasi Pemasangan *Speaker* di Lantai 1

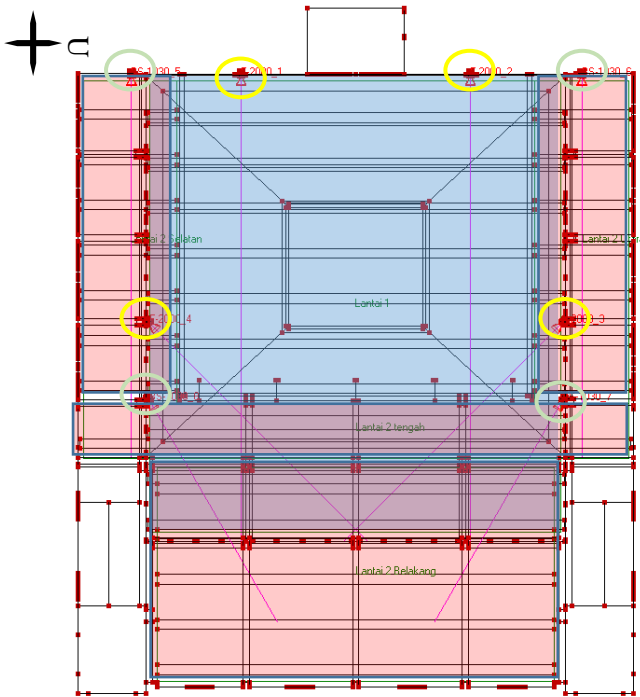
Kondisi Ruang	Posisi Speaker	
	Lantai 1 Depan	Lantai 1 Belakang
Orang Berdiri di lantai 1	TOA BS-1030	TOA BS-1030
	TOA F-2000	TOA F-2000
	TOA F-2000	TOA BS-1030
	JBL Control 23	JBL Control 23
	Bosch LB-2UC30	Bosch LB-2UC30

3.7.3. Simulasi Pemasangan Speaker di Lantai 2

Simulasi dengan kondisi penuh dilakukan setelah diperoleh hasil dari simulasi di lantai satu. Simulasi lantai satu dijadikan sebagai dasar dalam menentukan variasi speaker di lantai 2. Sebagaimana disampaikan sebelumnya, simulasi lantai 1 menjadi rekomendai pemasangan speaker yang sama (merek) untuk lantai 2. Sehingga ketika mensimulasikan di lantai 1 dengan TOA, dipilih speaker TOA juga untuk lantai 2.

Tabel 3.4 Variasi Pemasangan Speaker di Lantai 2

Speaker di Lantai 1	Posisi Speaker	
	Lantai 2 Depan	Lantai 2 Belakang
TOA F-2000	TOA BS-1030	TOA BS-1030
	TOA F-2000	TOA F-2000
	TOA F-2000	TOA BS-1030
	TOA BS-1030	TOA F-2000



Gambar 3.9 Denah Simulasi Masjid Terisi Penuh

Hasil simulasi ini sama halnya dengan simulasi pada kondisi lantai 1 penuh orang berdiri. Yaitu berupa diagram distribusi dan peta kontur persebaran Alcons dan STI dalam *audience area*. Audience Area untuk simulasi penuh ini lebih ompleks dibandingkan dengan lantai 1 yang hanya terdiri dari 1 luasan audience are. Dalam simulasi ini, terdapat 5 luasan *audience area* yang terdiri dari 1 area di lantai 1 dan 4 area di lantai 2. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat dalam Gambar 3.9. Dimana telah tertulis nama masing-masing area (Lantai 1, lantai 2 selatan, lantai 2 utara, lantai 2 tengah, dan lantai 2 belakang). Dalam Gambar 3.9, *audience area* lantai 1 ditandai dengan persegi panjang dengan warna biru transparan, lantai 2 dengan warna merah transparan. Sedangkan untuk *speaker* disesuaikan dengan posisinya. Lingkaran

kuning menunjukkan posisi *speaker* berada di lantai 1 sedangkan lingkaran hijau menunjukkan posisi *speaker* di lantai 2. Sedangkan variasi *speaker* yang digunakan terdapat pada Tabel 3.4.

Sedangkan untuk analisa hasil simulasi pemasangan *speaker* dijelaskan pada bab selanjutnya. Yaitu analisa perbandingan hasil simulasi dengan tingkat kejelasan suara dikatakan **baik** untuk parameter % Alcons dan STI (*Speech Transmission Index*).

Halaman ini memang dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengukuran Parameter Akustik

Pengukuran parameter akustik yang telah dilakukan dengan menggunakan metode impuls, menghasilkan nilai tiga parameter untuk mengetahui kondisi ruang masjid Al Aqsha yang diketahui dari pengolahan data hasil pengukuran. Tiga parameter tersebut adalah RT60, D_{50} dan C_{50} .

4.1.1. Hasil Pengukuran RT60

Nilai RT60 dihitung berdasarkan persamaan linier yang diperoleh dari grafik pengukuran RT30 (peluruhan -5dB sampai dengan -35dB dari tingkat tekanan bunyi tertinggi pada pengukuran sinyal impuls), untuk setiap frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz pada setiap posisi pengukuran.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran RT60 untuk Frekuensi 500Hz

Posisi Pengukuran	RT60 (detik) untuk pengukuran ke-			RT60 Rerata (detik)
	1	2	3	
Lantai 1 Tengah	2,26	2,28	2,21	2,25
Lantai 1 Belakang	2,25	2,23	2,25	2,24
Lantai 2 Belakang	2,32	2,23	2,24	2,26
Lantai 2 Samping	2,24	2,25	2,22	2,24

Nilai RT60 ruang masjid Al Aqsha ditunjukkan dengan nilai rata-rata akhir RT60 pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz, yaitu sebesar 2,24 detik. Dengan nilai RT60 tertinggi diperoleh pada posisi pengukuran lantai 2 belakang. Nilai RT60 yang tinggi menunjukkan tingkat dengung yang tinggi pula, yang artinya terjadi banyak pantulan sebelum suara sampai pada pendengar atau dalam hal ini alat ukur. Hal ini dapat dipahami, karena pada posisi lantai 2 bagian belakang, dikelilingi oleh permukaan bangunan yang keras (tembok plaster yang di cat, atap *plasterboar* yang dicat,

lantai keramik, dan tiang beton) yang memiliki koefisien serap rendah.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran RT60 untuk Frekuensi 1000Hz

Posisi Pengukuran	RT60 (detik) untuk pengukuran ke-			RT60 Rerata (detik)
	1	2	3	
Lantai 1 Tengah	2,16	2,23	2,16	2,18
Lantai 1 Belakang	2,18	2,18	2,20	2,19
Lantai 2 Belakang	2,32	2,30	2,29	2,30
Lantai 2 Samping	2,32	2,28	2,22	2,27

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Nilai RT60

Posisi Pengukuran	RT60 (detik) untuk frekuensi		Rerata RT60 (detik)
	500 Hz	1000 Hz	
Lantai 1 Tengah	2,25	2,18	2,22
Lantai 1 Belakang	2,24	2,19	2,22
Lantai 2 Belakang	2,26	2,30	2,28
Lantai 2 Samping	2,24	2,27	2,26
RT60			2,24

Nilai RT60 masjid Al Aqsha ini lebih besar dari waktu dengung yang direkomendasikan untuk masjid dengan volume $2.226,32 \text{ m}^3$ yaitu sebesar 1,9 detik (Gambar 2.4). Sehingga perlu dilakukan perbaikan ruang untuk mendapatkan nilai yang sesuai dengan tingkat kejelasan dalam percakapan.

Perbaikan ruang dilakukan dengan simulasi dan perhitungan, dimana perhitungan yang dimaksud adalah terkait dengan penambahan bahan atau pengurangan bahan. Nilai yang dicari dihitung berdasarkan persamaan 3.1. Dimana diketahui RT60 yang diinginkan, yaitu 1.9 detik dan RT60 eksisting sebesar 2,24 detik. Perhitungan perbaikan akan dibahas dibagian berikutnya.

4.1.2. Perhitungan D_{50} (*Definition*) dan C_{50} (*Clarity*)

Definition dan *Clarity* merupakan sebuah ukuran rasio energi akustik dalam ruang. D_{50} menunjukkan perbandingan energi bunyi

pada 50 ms pertama dengan nilai energi bunyi keseluruhan. Sedangkan C_{50} merupakan perbandingan energi bunyi pada 50 ms dengan energi bunyi setelahnya. Berdasarkan persamaan 2.2 dan 2.3, dilakukan perhitungan nilai D_{50} dan C_{50} dengan data RT60 sesuai Tabel 4.3.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Nilai D_{50} dan C_{50}

Posisi Pengukuran	Rerata RT60 (detik)	D_{50} (%)	C_{50} (dB)
Lantai 1 Tengah	2,22	27	-1,92
Lantai 1 Belakang	2,22	27	-1,92
Lantai 2 Belakang	2,28	26	-2,08
Lantai 2 Samping	2,26	26	-2,02
Rata-rata	2,24	27	-1,98

Berdasarkan Tabel 4.4, diketahui bahwa nilai D_{50} tertinggi terletak pada posisi pengukuran lantai 1 tengah dan lantai 1 belakang. Begitu juga dengan nilai C_{50} . Namun bertolak belakang dengan nilai RT60 yang pada posisi tersebut yang menunjukkan nilai yang paling kecil. Mengingat bahwa nilai D_{50} dan C_{50} semakin baik ketika semakin tinggi, sebaliknya untuk RT60 lebih baik ketika memiliki nilai yang rendah (untuk fungsi percakapan).

Nilai D_{50} dan C_{50} ruang masjid, diwakili oleh nilai rata-rata untuk setiap posisi pengukuran yaitu 27% untuk nilai D_{50} dan nilai C_{50} sebesar -1,98 dB. 27% nilai D_{50} menunjukkan bahwa ruangan masjid termasuk dalam kategori **buruk**, masuk pada rentang 20-30%. Sebanding dengan nilai kejelasan suara (*Speech Intelligibility-SI*) 60-80% (Lihat Tabel 2.1). Sedangkan C_{50} bernilai -1,98 dB, masuk dalam kategori **sedang** mendekati buruk (pada rentang -2 s.d 2 dB).

Sama halnya dengan hasil dan rekomendasi pada RT60. Bahwa berdasarkan nilai C_{50} dan D_{50} , ruang masjid Al Aqsha memerlukan perbaikan sebelum dilakukan pemasangan perangkat pengeras suara. Sehingga hasil pemasangan perangkat suara dapat optimal. Tingginya nilai RT60 dan tidak baiknya nilai C_{50} dan D_{50}

dapat dipahami ketika melihat bahan bangunan yang digunakan dalam masjid tersebut.

4.2. Perbaikan Kualitas Akustik Ruang Masjid

Berdasarkan data hasil pengukuran, diketahui bahwa ruangan masjid memiliki nilai waktu dengung diatas rekomendasi untuk ruang masjid dengan volume $2.263,32 \text{ m}^3$. Yang mana rekomendasi yang sesuai untuk ruang dengan volume tersebut adalah 1,9 detik. Perbaikan yang dilakukan untuk mencapai nilai waktu dengung yang disarankan dapat dicari menggunakan persamaan 3.1.

RT60 yang diinginkan adalah 1,9 detik, sehingga nilai luas serapan suaranya harus senilai $187,5 \text{ m}^2$ sabine. Sedangkan RT60 eksisting yang senilai 2,24 detik, memiliki luas permukaan serap sebesar $159,02 \text{ m}^2$ sabine. Sehingga memerlukan luas permukaan serap sebesar $28,48 \text{ m}^2$ sabine, untuk mengurangi nilai waktu dengung kondisi eksisting.

Berikut ini perhitungan nilai luasan serap ($\alpha.S$) untuk setiap waktu dengung :

Waktu dengung yang disarankan:

$$RT60 = \frac{0,161 V}{\alpha.S}$$

$$(\alpha.S)_1 = \frac{0,161 V}{RT60} = 187,5 \text{ m}^2$$

Waktu dengung eksisting:

$$RT60 = \frac{0,161 V}{\alpha.S}$$

$$(\alpha.S)_2 = \frac{0,161 V}{RT60} = 159,02 \text{ m}^2$$

Luas serap yang harus dipenuhi adalah selisih luas serap yang diinginkan dan luas serap eksisting $(\alpha.S)_1 - (\alpha.S)_2$.

Untuk memenuhi hal tersebut dilakukan perhitungan dan simulasi dalam program EASE. Sehingga dihasilkan pilihan yang dapat dilakukan untuk memenuhi target waktu dengung yang direkomendasikan. Diantara pilihan tersebut adalah:

- a. Penambahan karpet (yang sama dengan karpet yang sudah terpasang) pada seluruh permukaan lantai di ruang lantai satu,

akan menghasilkan waktu dengung kurang lebih sebesar 1,84 detik. Dalam hal ini nilai luas serapan yang ditambahkan adalah sebesar 40,38 m² sabine, dengan luas permukaan karpet tambahan sebesar 146,85 m² dan koefisien serap karpet sebesar 0,275.

- b. Cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan karpet seluas 73,6 m² yaitu dengan menambah 1 gulung karpet pada bagian tempat sholat lelaki (baris ke tiga) dan baris depan (1) bagian laki-laki, serta di bagian paling belakang dibawah balkon. Sedangkan kekurangannya, yaitu sebesar 7,2 m² sabine, dapat diatasi dengan menambahkan absorber dengan koefisien serap 1 seluas 7,2 m². Melepas kaca diatas pintu lantai satu bagian samping depan (4 buah) dan 8 buah kaca diatas pintu bagian belakang. Sehingga total luas yang diperoleh adalah sebesar 8,96 m².

Simulasi berikutnya adalah dengan menambahkan orang didalam masjid dengan 4 variasi kondisi, yaitu ruangan lantai satu penuh orang berdiri, ruang penuh dengan orang berdiri di lantai satu dan dua, penuh dengan orang duduk di lantai satu, serta ruangan penuh dengan orang duduk di lantai satu dan dua. Hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Simulasi Waktu Dengung dengan Variasi Isi Ruang Masjid

Kondisi Masjid	RT60 (detik)
Penuh, Orang berdiri (h = 1,5 m)	1,2
Penuh, Orang duduk (h = 0,8 m)	1,2
Penuh Lantai 1, Orang berdiri (h = 1,5 m)	1,45
Penuh Lantai 1, Orang duduk (h = 0,8 m)	1,45

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai waktu dengung untuk kondisi berdiri maupun duduk tidak berbeda dengan jumlah orang yang sama. Oleh karena nilai serapan bunyi orang yang hampir sama, baik dalam kondisi duduk maupun berdiri, yaitu 0,42 (500Hz) dan 0,43 (1000Hz) untuk orang berdiri serta 0,44 (500Hz) dan 0,45 (1000Hz) untuk orang duduk. Penambahan jumlah orang dalam masjid menambah nilai serapan bunyi dalam

ruang sehingga menurunkan nilai waktu dengung. Dalam kondisi ruangan penuh, menjadikan ruangan ideal untuk percakapan (sebagaimana gambar 2.1). Namun untuk fungsi masjid yang juga membutuhkan suara lagu dalam pembacaan Al Quran atau suara Imam, nilai ini masih kurang sebagaimana disarankan oleh Kayili dalam grafik pada Gambar 2.4.

Kondisi orang berdiri di lantai satu selanjutnya digunakan sebagai bahan simulasi pemasangan *speaker*. Untuk kemudian menjadi dasar variasi *speaker* di lantai dua (dalam kondisi orang penuh berdiri).

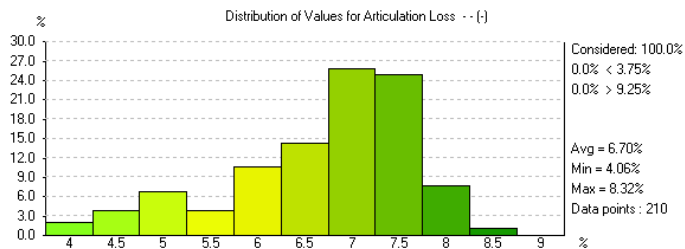
4.3. Simulasi Parameter Akustik dengan Pemasangan *Speaker*

Pemasangan *speaker* dalam masjid dimaksudkan untuk memastikan suara imam atau khatib atau informasi yang ditujukan untuk jamaah dapat terdengar dengan jelas dan merata. Simulasi dilaksanakan sebagaimana dijelaskan pada BAB III, yaitu dengan melakukan beberapa variasi simulasi. Setiap hasil simulasi dijelaskan berikut ini.

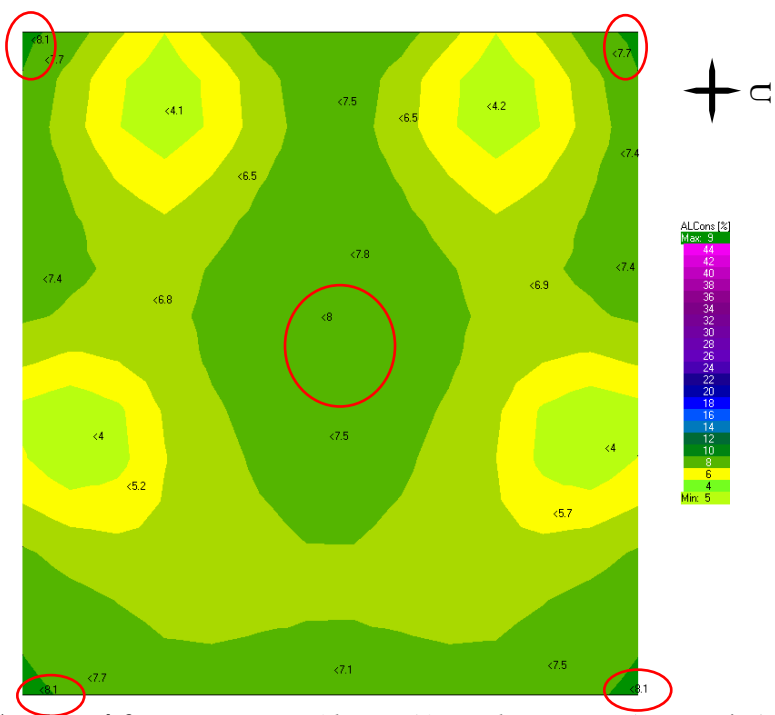
1. Simulasi dengan Kondisi Lantai 1 Penuh Orang Berdiri

a. Simulasi dengan *speaker* BS1030.

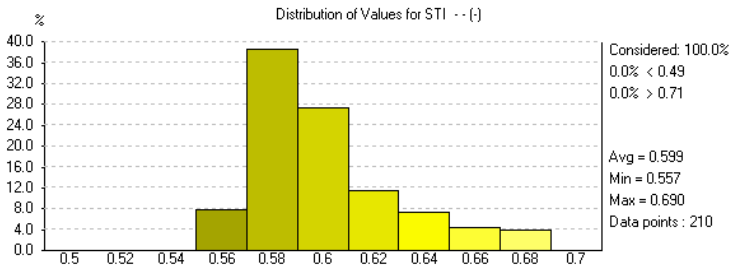
Berdasarkan simulasi ini, nilai rata-rata rata-rata 6,7% (dibawah 8%) menunjukkan bahwa nilai kualitas kejelasan suara dengan pemasangan *speaker* ini masuk dalam kategori **baik (good)**. Namun dilihat dari rentang nilai Alcons yang tertera pada Gambar 4.1, nilai yang ada masuk dalam kategori baik-sedang (4%-8,23%), dengan distribusi terbesar berada pada nilai 7% (presentase sebesar 26%). Diperjelas dengan Gambar 4.2 yang menunjukkan peta Alcons dalam ruangan. Nilai Alcons yang rendah berada pada area *speaker*, sedangkan area belakang dan sudut depan (ditandai dengan lingkaran merah) menunjukkan nilai Alcons yang cukup tinggi, terutama pada bagian sudut ruangan yang nilai kejelasannya **sedang** (>8%).



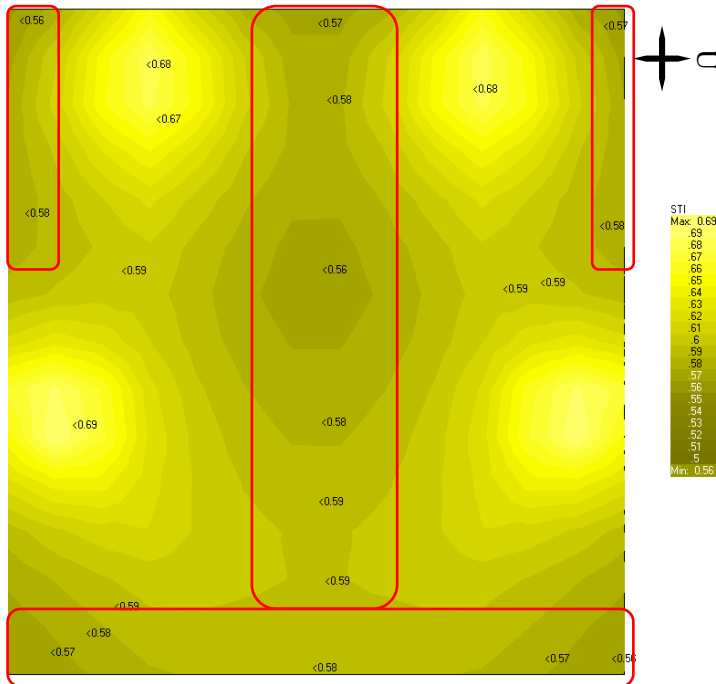
Gambar 4.1 Distribusi %Alcons (*Articulation Loss*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* BS1030.



Gambar 4.2 Pemetaan %Alcons (*Articulation Loss*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* BS1030.



Gambar 4.3 Distribusi STI (*Speech Transmission Index*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* BS1030.



Gambar 4.4 Pemetaan STI (*Speech Transmission Index*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* BS1030.

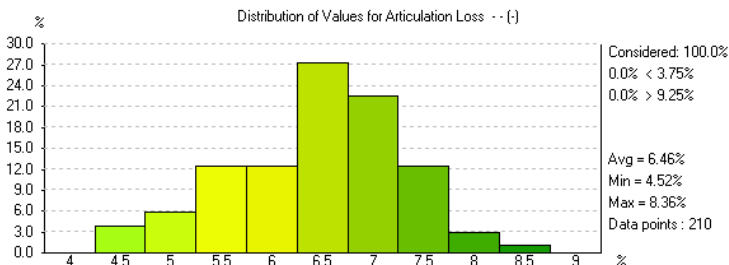
Analisa selanjutnya adalah dengan parameter STI (*Speech Transmission Index*). Berdasarkan diagram distribusi diatas,

ruangan masuk dalam kategori **sedang (Fair)**, dengan nilai rata-rata 0,599 (**batas sedang dan baik**) serta distribusinya tidak merata. Bahkan nilai yang memiliki distribusi paling besar adalah 0,58 (sedang). Nilai baik berpusat didekat *speaker* sedangkan nilai paling rendah berada di bagian belakang dan sudut depan ruangan (ditandari dengan bingkai merah), dengan nilai 0,56 (sedang) (Gambar 4.4).

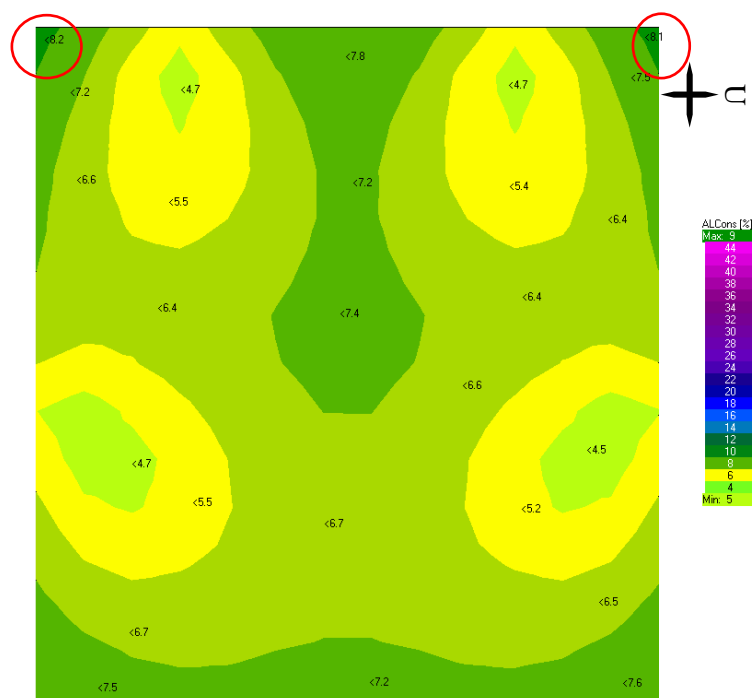
Berdasarkan dua parameter ini, dapat disimpulkan bahwa pemilihan *speaker* BS1030 di empat posisi dalam masjid masih belum optimal untuk mendapatkan nilai kejelasan di seluruh ruangan.

b. Simulasi dengan *speaker* F2000

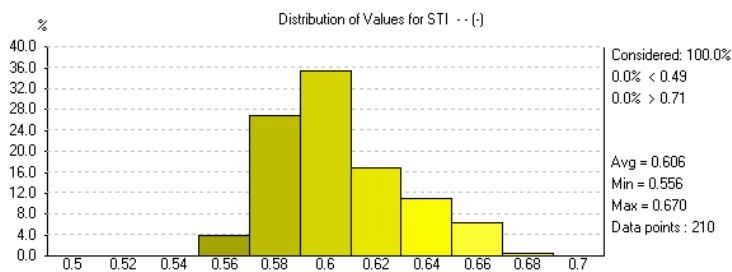
Berdasarkan diagram dan pemetaan pada Gambar 4.5 dan 4.6, dapat diketahui bahwa nilai Alcons untuk simulasi ini lebih baik dibandingkan dengan menggunakan *speaker* BS1030. Dibuktikan dengan nilai rata-rata % Alcons yang lebih rendah. Nilai rata-rata 6.46% menunjukkan nilai % Alcons masuk dalam kategori **baik**. Namun tidak dapat dipungkiri, bahwa tingkat kejelasan pada sudut ruangan tetap tinggi (bagian depan), senilai 8.2% (masuk dalam kategori kejelasan **sedang**).



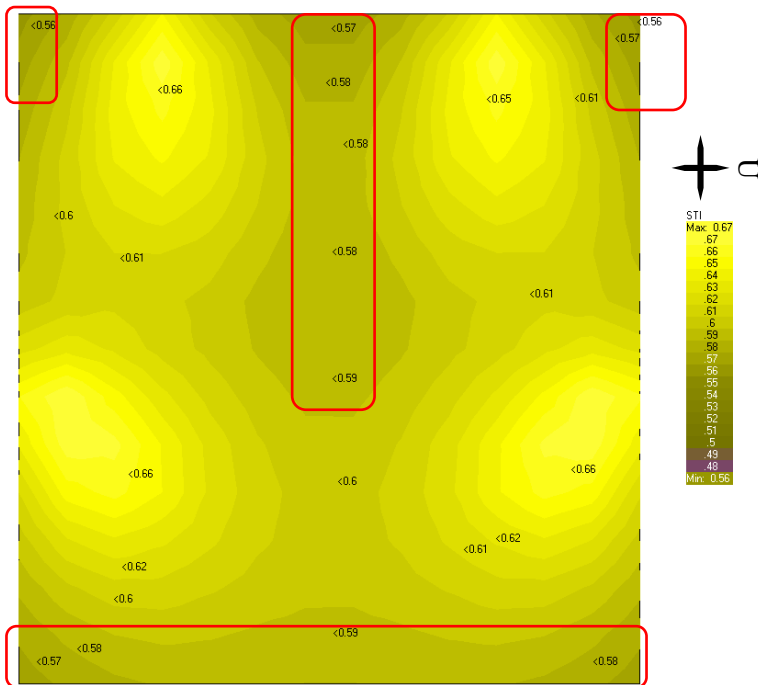
Gambar 4.5 Distribusi %Alcons (Articulation Loss) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* F2000.



Gambar 4.6 Pemetaan %Alcons (*Articulation Loss*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker F2000*.



Gambar 4.7 Distribusi STI (*Speech Transmission Index*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker F2000*



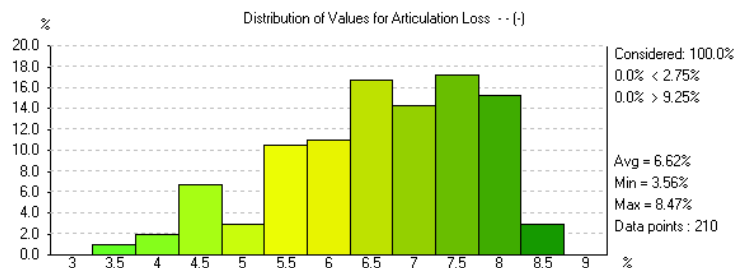
Gambar 4.8 Pemetaan STI (*Speech Transmission Index*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* F2000

Sedangkan untuk nilai STI memiliki rata-rata sebesar 0,606. yang masuk dalam kategori **baik**, menunjukkan bahwa penggunaan speaker F2000 di lebih baik dibandingkan dengan BS1030. Namun, dalam penggunaan speaker ini juga masih menunjukkan adanya nilai dibawah nilai baik (sedang), yaitu pada bagian yang diberi tanda merah pada peta kontur Alcons dan STI. Yang dalam parameter STI masih terdapat 30% distribusi bernilai **sedang**.

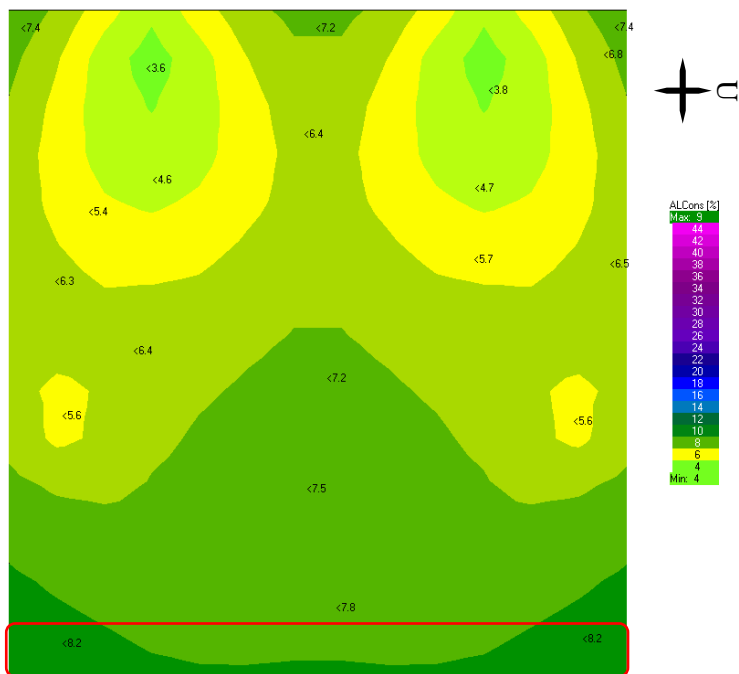
c. Simulasi dengan *Speaker* Gabungan (F2000 dan BS1030)

Simulasi ini dilakukan dengan memasang *speaker* F2000 di bagian dinding depan masjid sebagaimana digunakan pada simulasi sebelumnya, dengan ditambahkan speaker BS1030 di dinding samping masjid pada jarak 7,65 meter dari dinding depan (dibawah

jarak kritis speaker F2000) dengan arah ke tengah ruangan dengan sudut 45° dari dinding samping.

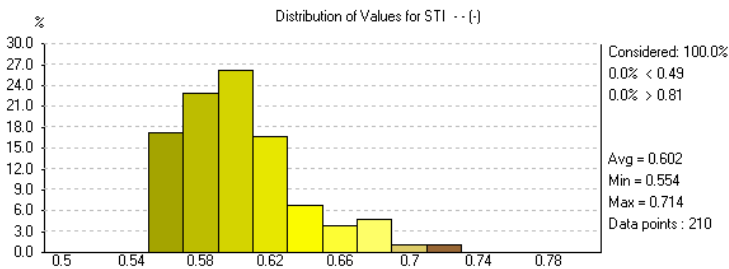


Gambar 4.9 Distribusi %*Alcons* (*Articulation Loss*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* Gabungan.



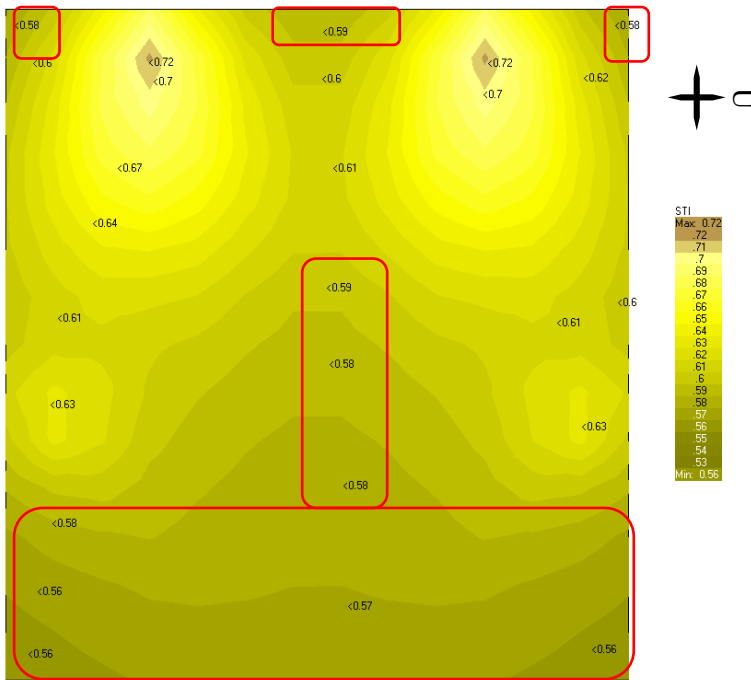
Gambar 4.10 Pemetaan %*Alcons* (*Articulation Loss*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* Gabungan

Hasil simulasi %Alcons pada Gambar 4.9 dan 4.10 menunjukkan rata-rata nilai %Alcons ini masuk dalam kategori **baik** (dibawah 8%). Namun, berdasarkan distribusi yang terlihat, terdapat 3% nilai Alcons diatas 8%, yang menunjukkan nilai sedang. Namun di pusat speaker F2000, nilai kejelasannya hampir mendekati *excellent*, dengan nilai sebesar 3.5 % Alcons. Artinya, terdapat gap atau selisih tingkat kejelasan suara cukup besar antara posisi didekat *speaker* dan posisi yang lebih jauh dari speaker yang ditunjukkan dengan bingkai merah pada Gambar 4.10.



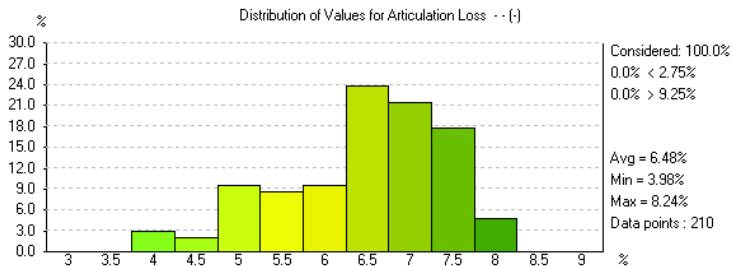
Gambar 4.11 Distribusi STI (*Speech Transmission Index*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* Gabungan

Berdasarkan hasil plot dan diagram nilai STI ini (Gambar 4.11 dan 4.12), dapat dikatakan memang kejelasan ketika menggunakan dua speaker yang berbeda ini menghasilkan tingkat kejelasan yang tidak lebih baik dibandingkan dengan hanya menggunakan speaker TOA F2000. Bahkan beberapa area terutama di bagian belakang ruang menunjukkan nilai STI yang lebih kecil dari 0.6 (**sedang**). Rata-rata memang menunjukkan nilai diatas 0.6 (yaitu 0.602) yang berarti **baik**, namun masih terdapat 40% dari distribusi Alcons bernilai dibawah 0.6 (berarti masuk kategori **sedang**). Nilai tingkat kejelasan sedang berada pada sudut depan ruang dan paling banyak berada di area belakang ruangan didepan pemasangan speaker BS1030.



Gambar 4.12 Pemetaan STI (*Speech Transmission Index*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* Gabungan

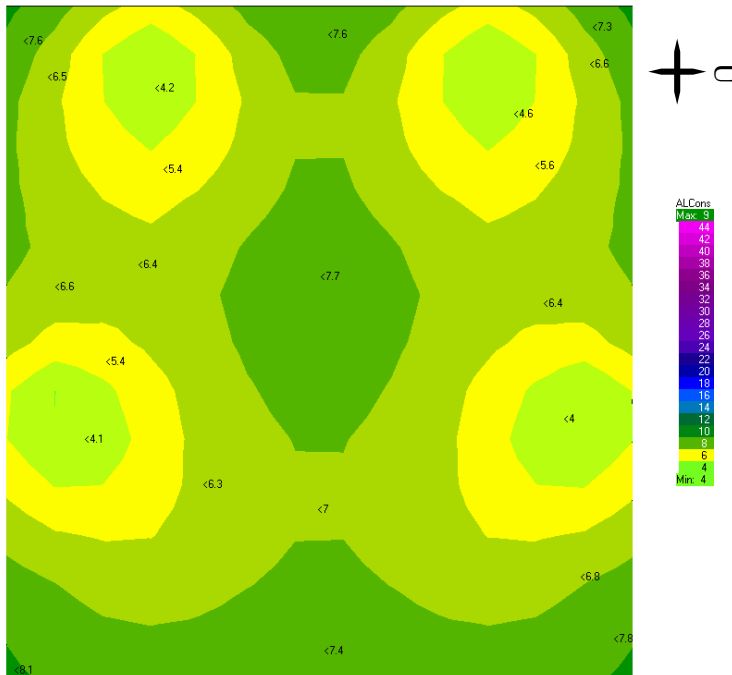
d. Simulasi dengan *Speaker* Bosch LB2-UC30



Gambar 4.13 Distribusi % Alcons (*Articulation Loss*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* Bosch LB2-UC30

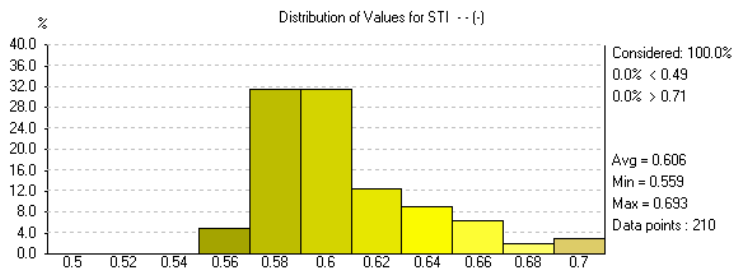
Hasil simulasi dengan menggunakan *speaker* BOSCH ini menunjukkan hasil yang **baik**, dengan nilai rata-rata % Alcons

sebesar 6.48% dan rata-rata nilai STI 0.606. Hampir seluruh nilai %Alcons menunjukkan kualifikasi nilai **baik**. Dengan melihat bahwa distribusi untuk nilai %Alcons dibawah 8% mencapai 96%. Namun memang masih terdapat nilai yang masuk kategori **sedang**, seperti nilai Alcons diatas 8% dibagian sudut belakang ruang dan STI dibawah 0.6 (dengan distribusi 37 %) di bagian belakang dan sudut depan.

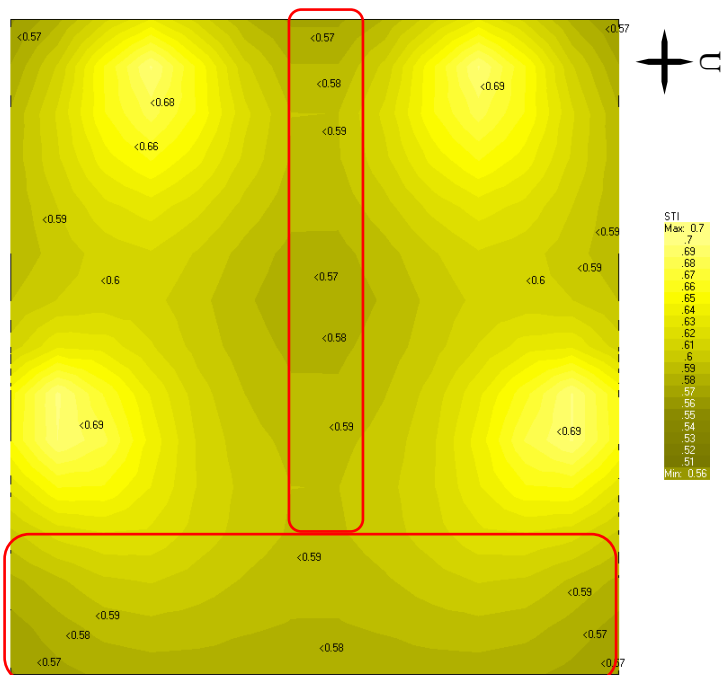


Gambar 4.14 Pemetaan %Alcons (Articulation Loss) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* Bosch LB2-UC30

Dengan melihat persebaran nilai %Alcons dan STI, perlu dilakukan perbaikan penempatan speaker atau pengubangan sudut speaker yang berada di bagian samping-belakng. Terlihat pada Gambar simulasi nilai STI, bahwa sudut speaker perlu dirapatkan lagi ke dinding untuk menjangkau suara di bagian belakang ruangan.

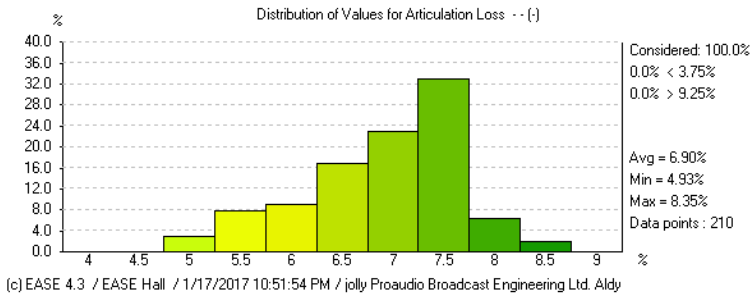


Gambar 4.15 Distribusi STI (*Speech Transmission Index*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* Bosch LB2-UC30

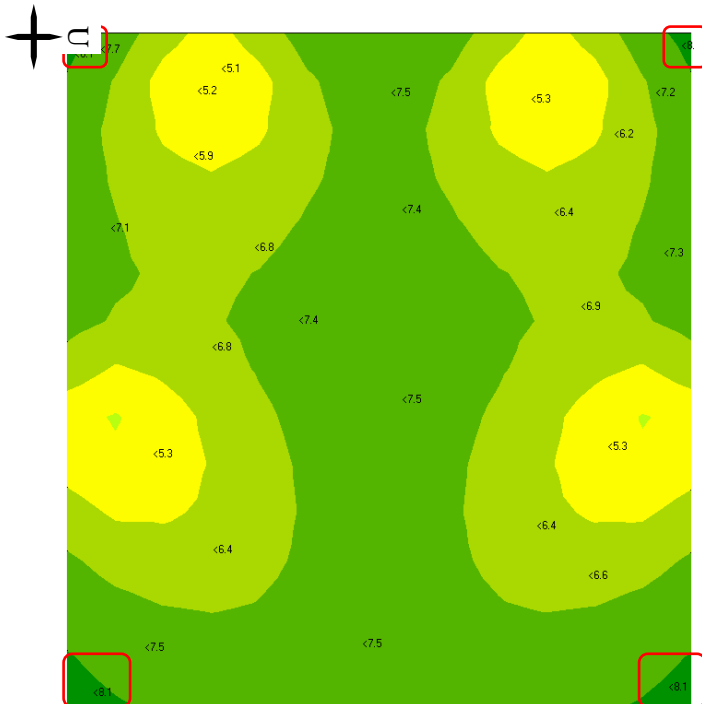


Gambar 4.16 Pemetaan STI (*Speech Transmission Index*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* Bosch LB2-UC30

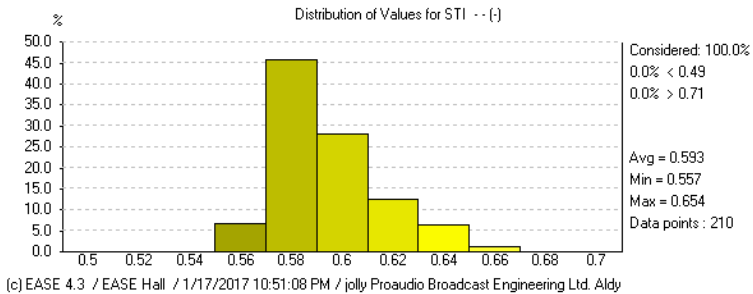
e. Simulasi dengan *Speaker* JBL Control 23



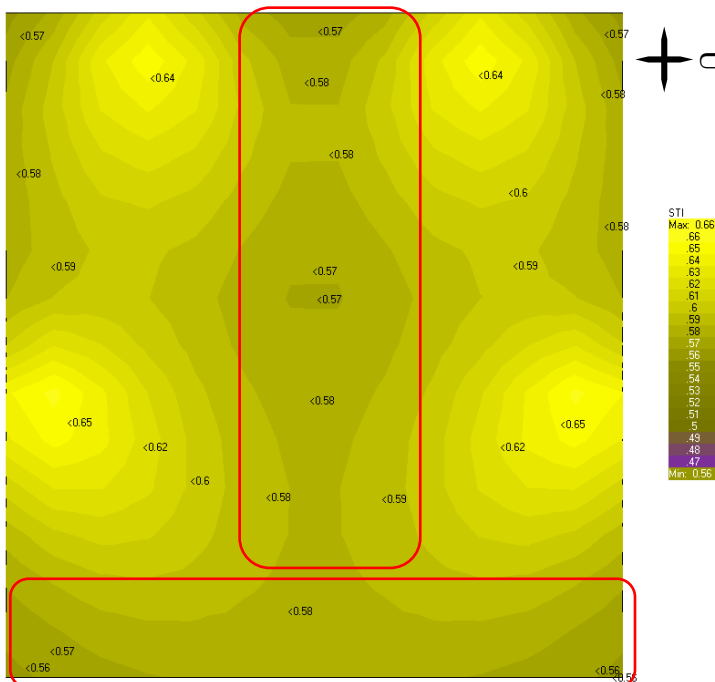
Gambar 4.17 Distribusi %Alcons (Articulation Loss) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* JBL Control 23



Gambar 4.18 Pemetaan %Alcons (Articulation Loss) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker* JBL Control 23



Gambar 4.19 Distribusi STI (*Speech Transmission Index*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker JBL Control 23*



Gambar 4.20 Pemetaan STI (*Speech Transmission Index*) Lantai 1 Penuh dengan *Speaker JBL Control 23*

Simulasi untuk lantai 1 yang terakhir adalah menggunakan speaker JBL control 23. Berdasarkan rata-rata nilai STI, diketahui

bahwa dengan pemasangan speaker ini memiliki kualitas yang **sedang**. Dapat dilihat dari nilai rata-rata STI dibawah 0.6. Nilai % Alcons menunjukkan nilai **baik**, namun masih terdapat beberapa daerah dengan kondisi yang % Alcons diatas 8% (**sedang**) yaitu pada area di sudut belakang dan depan ruang masjid dengan distribusi yang kecil yaitu 8% dari keseluruhan distrubsi % Alcons dalam ruang.

f. Pembahasan Simulasi di Lantai 1 dengan kondisi orang berdiri.

Berdasarkan analisa data yang telah dilakukan diatas, maka dapat dirangkum nilai hasil simulasi dalam tabel berikut.

Tabel 4.6 Rekap Hasil Simulasi Lantai 1 (Orang Berdiri)

Jenis <i>speaker</i>	Rerata % Alcons	Rerata STI	Keterangan
TOA BS1030	6.7	0.599	Sedang
TOA F2000	6.46	0.606	Baik
TOA F2000 & BS1030	6.62	0.602	Baik
BOSCH LB2-UC30	6.48	0.606	Baik
JBL C23	6.9	0.593	Sedang

Berdasarkan rerata nilai % Alcons, seluruh simulasi ini menghasilkan nilai yang **baik** (dibawah 8%). Namun dari nilai STI, menunjukkan dua simulasi memiliki rata-rata dibawah 0.6, meskipun sangat kecil selisihnya dengan nilai 0.6, yaitu simulasi dengan menggunakan speaker TOA BS1030 dan JBL Control 23. Klasifikasi ini mempermudah melakukan simulasi berikutnya dengan menyisakan 3 pilihan kombinasi speaker untuk lantai 1. Sedangkan speaker untuk lantai dua akan disamakan merek-nya dengan speaker di lantai satu.

Hal yang perlu dilihat dalam menilai hasil simulasi ini adalah sensitivitas speaker dan daya masukan maksimal speaker. Sensitivitas menentukan besaran tekanan bunyi yang dikeluarkan speaker dengan masukan daya sebesar 1 Watt. Sedangkan Daya

maksimal masukan speaker juga akan berpengaruh pada tingkat tekanan bunyi maksimal yang dikeluarkan *speaker*.

Misalnya dalam simulasi ini digunakan speaker F2000, yang memiliki sensitivitas 92 dB (1W, 1m) dan daya masukan maksimal sebesar 60 Watt. Artinya, pada jarak 1 meter dengan daya masukan sebesar 60 Watt akan terukur tingkat tekanan bunyi sebesar 110 dB (penambahan 18 dB karena masukan 60 W daya). Penambahan tingkat tekanan bunyi oleh karena pengaruh daya dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Jadi, dengan nilai sensitivitas yang tinggi ditambah dengan daya masukan maksimal yang tinggi dapat menjadikan sebuah speaker mengeluarkan tingkat tekanan bunyi yang tinggi dan secara otomatis tekanan bunyi ini mampu menjangkau jarak yang jauh dengan tingkat yang masih tinggi pula.

Dengan melihat spesifikasi speaker yang digunakan, bahwa F2000 memiliki sensitivitas sebesar 92 dB (1W, 1m) dengan masukan maksimal sebesar 60 W. JBL C23 memiliki sensitivitas 86 dB (1W, 1m) dengan daya maksimum 50 W. Bosch LB2-UC30 dengan sensitivitas 90 dB, dan daya rata-rata 30 W. TOA BS 1030 dengan sensitivitas 90 dB dan daya masukan rata-rata 30 W. Maka sudah tepat ketika nilai kejelasan terbaik diperoleh dengan menggunakan speaker TOA F2000. Hal ini karena tipe speaker ini memiliki nilai sensitivitas paling tinggi (92 dB (1W, 1m)) dan mampu menerima daya yang besar pula.

Nilai terbaik kedua adalah speaker Bosch LB2-UC30. Dengan pendekatan sensitivitas dan daya yang dapat diterima, speaker ini memiliki kesamaan dengan TOA BS1030. Namun hasil simulasi menunjukkan bahwa speaker ini mampu menghasilkan performa yang lebih baik. Hal ini karena speaker Bosch LB2-UC30 memiliki sudut cakupan yang lebih sempit dibandingkan dengan TOA BS1030. Bosch LB2-UC30 memiliki sudut cakupan 81°x90° sedangkan TOA BS 1030 memiliki sudut cakupan 100°x100°.

Faktor keterarahan (Q) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q = \frac{180^\circ}{\arcsin\left(\sin\frac{\alpha}{2} \cdot \sin\frac{\beta}{2}\right)}$$

Dengan α = sudut cakupan horizontal dan β = sudut cakupan vertikal. Sehingga diperoleh nilai keterarahan Bosch LB2-UC30 sebesar 6,67 dan TOA BS1030 sebesar 4. Semakin besar nilai keterarahan maka semakin kecil nilai *Alcons*, yang artinya kualitas akustik semakin baik (Lihat persamaan 2.4).

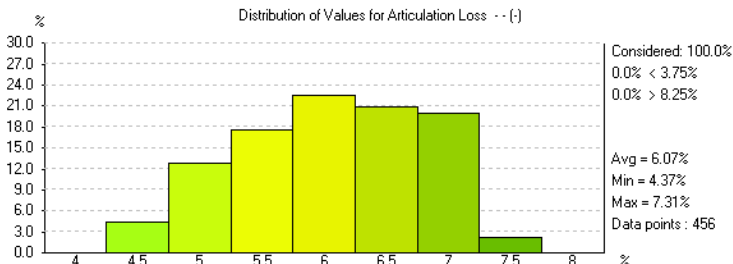
Dengan melihat nilai klasifikasi paling baik dari tabel tersebut, maka yang dijadikan dasar melakukan simulasi keseluruhan ruang adalah dengan menggunakan *speaker* F2000 di lantai 1. Kombinasi ini dipilih dengan melihat hasil %*Alcons* yang paling kecil, karena nilai STI simulasi dengan TOA F2000 sama dengan simulasi dengan menggunakan Bosch LB2-UC30.

2. Simulasi Pemasangan *Speaker* di Lantai 1 dan 2 dengan Orang Berdiri

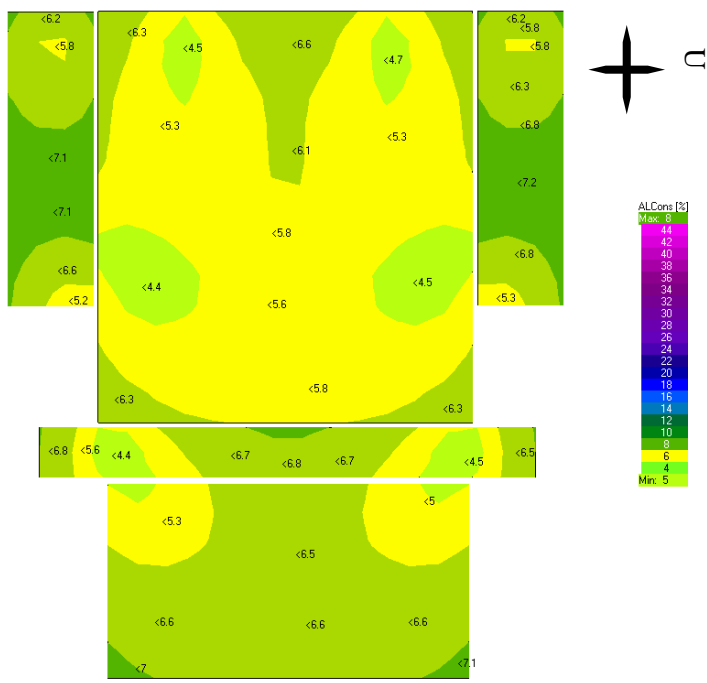
Variasi simulasi yang dilakukan sesuai dengan yang tertera pada BAB III. Yaitu untuk *speaker* di lantai 1 adalah TOA F-2000 dan *speaker* F2000 serta BS-1030 dikombinasikan di lantai 2. Hasil simulasi adalah sebagai berikut:

a. Variasi 1

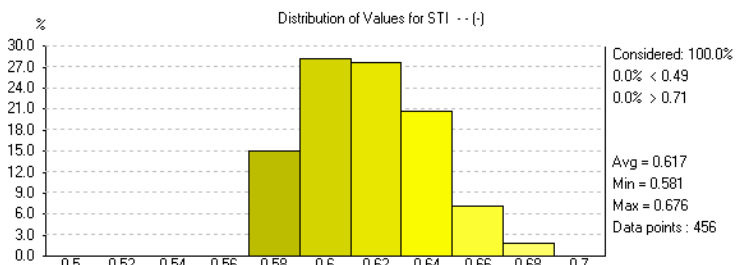
Variasi 1 adalah penempatan *speaker* TOA BS1030 di lantai 2 bagian depan dan F2000 di bagian belakang dengan kondisi ruangan penuh orang berdiri.



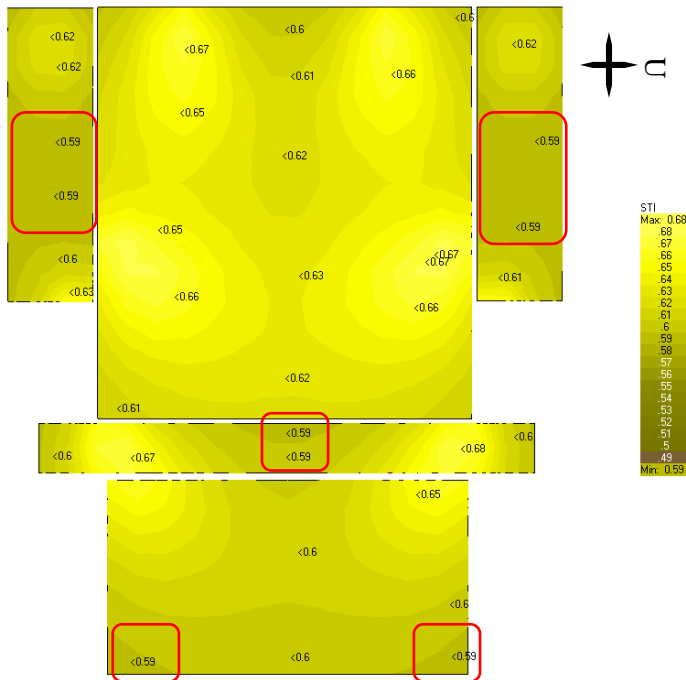
Gambar 4.21 Distribusi %*Alcons* (*Articulation Loss*) Variasi 1



Gambar 4.22 Pemetaan %Alcons (*Articulation Loss*) Variasi 1



Gambar 4.23 Distribusi STI (*Speech Transmission Index*) Variasi 1



Gambar 4.24 Pemetaan STI (*Speech Transmission Index*) Variasi 1

Berdasarkan simulasi variasi 1 ini, nilai kejelasan percakapan terukur dengan nilai STI dan % Alcons. Hasil rerata untuk % Alcons dan STI menunjukkan bahwa dengan variasi ini, kualitas sistem suara dalam masjid Al Aqsha tergolong **baik**. Yaitu dengan nilai rerata % Alcons sebesar 6.07% (dibawah 8%) dan 0.617 untuk STI (diatas 0.6). Keseluruhan nilai % Alcons berada dibawah 8% (rentang 4.37% - 7.31 %), menunjukkan baiknya kualitas kejelasan suara. Meskipun terlihat dalam simulasi STI terdapat beberapa nilai dibawah 0.6, yaitu 0.58 sebesar 15% area dan memang terletak pada lantai 2 bagian samping (utara maupun selatan), yaitu didepan *speaker* BS 1030 dan pada area belakang lantai dua pada bagian sudut belakang *audience area*.. Area dengan nilai STI rendah (dibawah 0.6) juga memiliki nilai % Alcons yang lebih tinggi, yaitu diatas 7%.

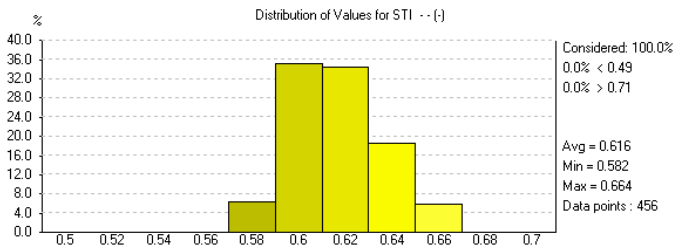
Sebagaimana diketahui bahwa parameter Alcons dan STI memiliki nilai yang berkebalikan dalam menunjukkan kualitasnya. Nilai *Speech Intelligibility* yang baik ditunjukkan dengan nilai STI yang semakin tinggi, dan nilai % Alcons yang semakin kecil (Tabel 2.2 dan 2.3). Hal ini dapat diterima ketika membandingkan 2 jenis speaker yang dipakai. Yang mana *speaker* BS 1030 memiliki daya masukan yang lebih kecil (30 W) dibandingkan dengan F2000 (60 W). Dengan daya yang lebih besar ini, *speaker* F2000 mampu mengeluarkan bunyi dengan maksimum tingkat tekanan bunyi sebesar 92 dB.

b. Variasi 2

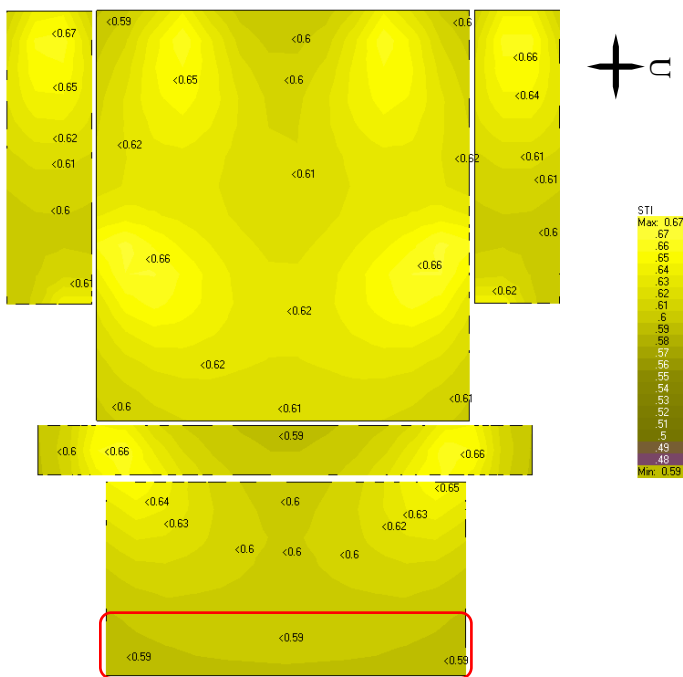
Variasi 2 adalah simulasi dengan penempatan *speaker* F2000 di lantai 2, artinya semua *speaker* yang digunakan dalam masjid ini adalah *speaker* TOA F2000. Posisi *speaker* sama dengan simulasi sebelumnya dan dengan kedudukan yang sama pula.

Berdasar simulasi variasi 2 ini, diperoleh nilai rata-rata % Alcons sebesar 6.08% dan dengan nilai rata-rata STI sebesar 0.616 dari nilai tersebut menunjukkan kualitas suara yang **baik** dalam ruang, nilai % Alcons dibawah 8% (rentang 4.66% - 7.26%) dan nilai STI diatas 0.6. Sedangkan dengan melihat lebih detail, dengan parameter STI, terdapat area yang masih memiliki tingkat kejelasan yang **sedang**, yaitu dengan nilai STI sebesar 0.58 yang memiliki presentase sebesar 6% dari seluruh distribusi nilai STI. Raea ini terletak dibagian belakang lantai 2.

Nilai di bagian belakang lantai dua yang memiliki nilai STI lebih kecil ini dapat dipengaruhi oleh cakupan area *speaker* yang digunakan. Dimana sebagaimana terdapat dalam Gambar 2.8, terdapat pola lingkaran yang pusatnya memiliki nilai lebih besar, dan semakin kecil seiring semakin kearah luar dari pola yang terbentuk. Sebagaimana diketahui bahwa kekuatan suara yang dihasilkan oleh *speaker* juga dipengaruhi oleh sudut pendengar dan jaraknya dari *speaker*. Yaitu dengan jarak yang sama, namun posisi pendengar yang segaris dengan muka *speaker* akan mendapatkan nilai kejelasan yang lebih besar dibandingkan dengan posisi pendengar dengan sudut dari garis lurus *speaker* yang lebih besar.



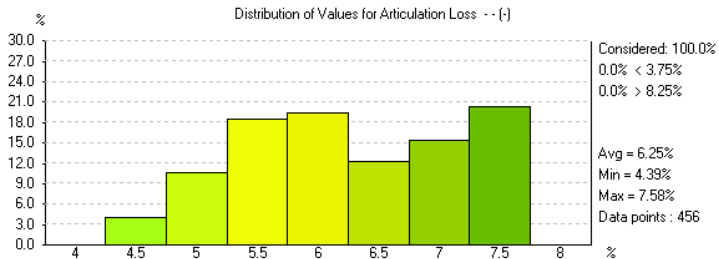
Gambar 4.27 Distribusi STI (*Speech Transmission Index*) Variasi 2



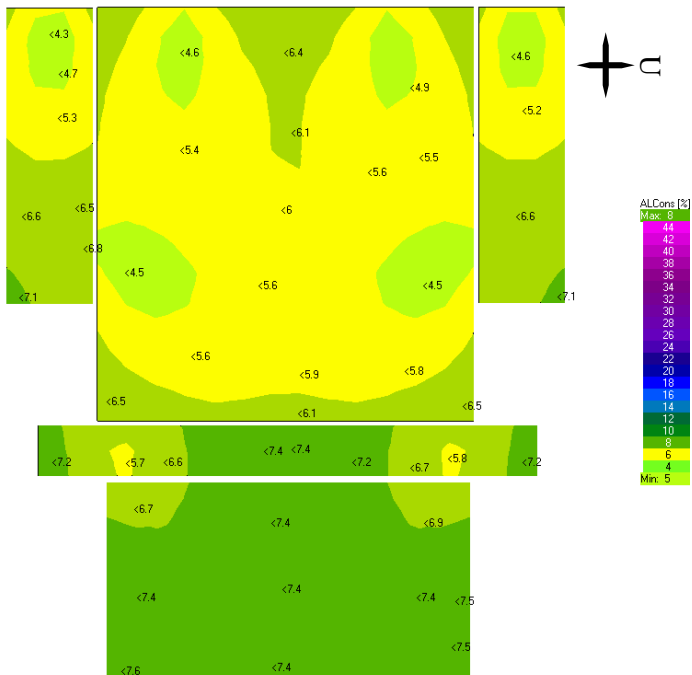
Gambar 4.28 Pemetaan STI (*Speech Transmission Index*) Variasi 2

c. Variasi 3

Variasi 3 dilakukan dengan variasi *speaker* yang sama dengan variasi 1 namun dengan perbedaan penempatan posisi *speaker*. *Speaker* BS1030 berada di lantai 2 bagian belakang sedangkan *speaker* F2000 diposisikan di lantai 2 bagian depan.



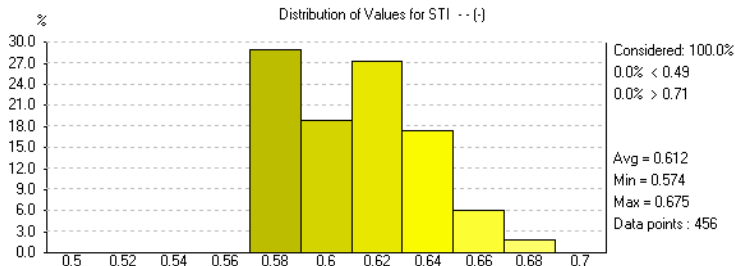
Gambar 4.29 Distribusi %Alcons (*Articulation Loss*) Variasi 3



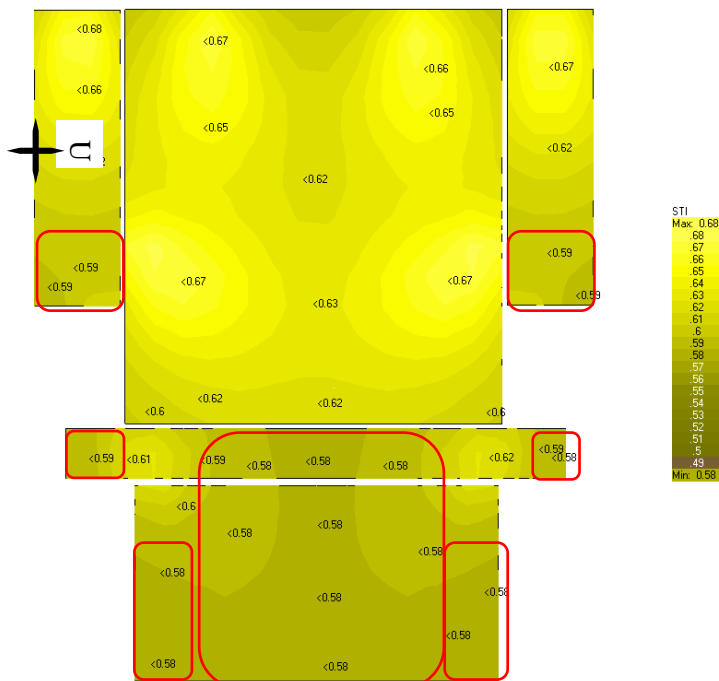
Gambar 4.30 Pemetaan %Alcons (*Articulation Loss*) Variasi 3

Berdasarkan data variasi 3 ini, dapat dinilai bahwa kualitas suara dengan dipasangnya speaker dengan variasi 3 ini, menunjukkan kualitas yang **baik**. Terlihat dari nilai %Alcons dan STI yang masing masing bernilai 6.25%. Semua nilai %Alcons

berada dalam rentang 4.39% - 7.58% bernilai baik, karena berada dibawah nilai 8%. Sedangkan dalam distribusi STI, terdapat 29% nilai STI berada di bawah 0.6 (0.58), yang menunjukkan bahwa masih ada area yang berkualitas sedang, yaitu pada bagian belakang ruang lantai 2.



Gambar 4.31 Distribusi STI (*Speech Transmission Index*) Variasi 3

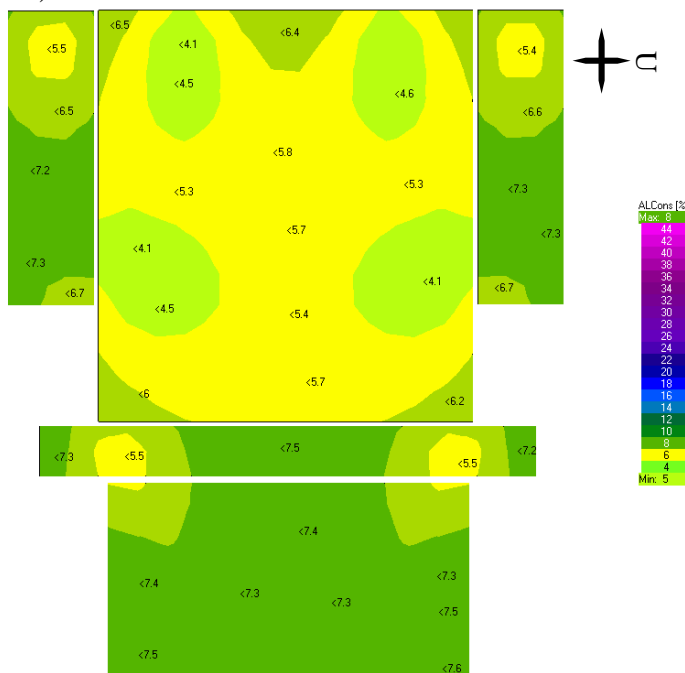


Gambar 4.32 Pemetaan STI (*Speech Transmission Index*) Variasi 3

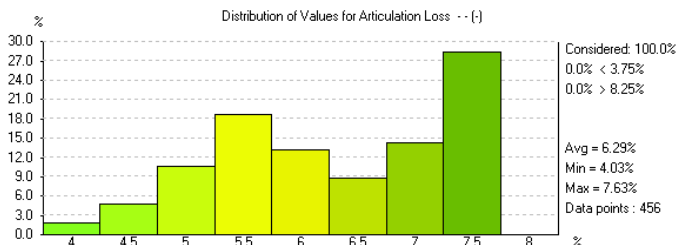
Dalam hal ini, pemasangan speaker BS 1030 memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil yang mengindikasikan adanya area dengan tingkat kejelasan **sedang**. Dimana hal ini berbeda dengan simulasi variasi dua yang dengan menggunakan speaker F2000 di bagian belakang, memperoleh luasan dibawah nilai STI 0.6 yang lebih kecil. Pemasangan F2000 di bagian depan memberikan nilai kejelasan yang **baik**. Namun nilai ini tidak merata jika dibandingkan dengan yang lain. Oleh karena area yang kecil dipasang dengan speaker dengan sensitivitas yang tinggi.

d. Variasi 4

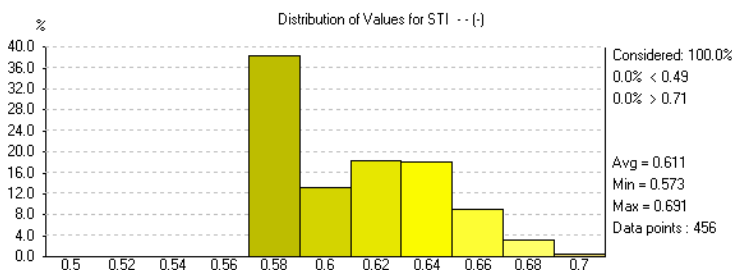
Variasi 4 adalah simulasi dengan menggunakan *speaker* TOA BS-1030 di lantai 2. Sehingga speaker yang digunakan adalah 4 speaker F2000 (untuk lantai 1) dan 4 speaker TOA BS1030 (untuk lantai 2).



Gambar 4.33 Pemetaan %Alcons (Articulation Loss) Variasi 4

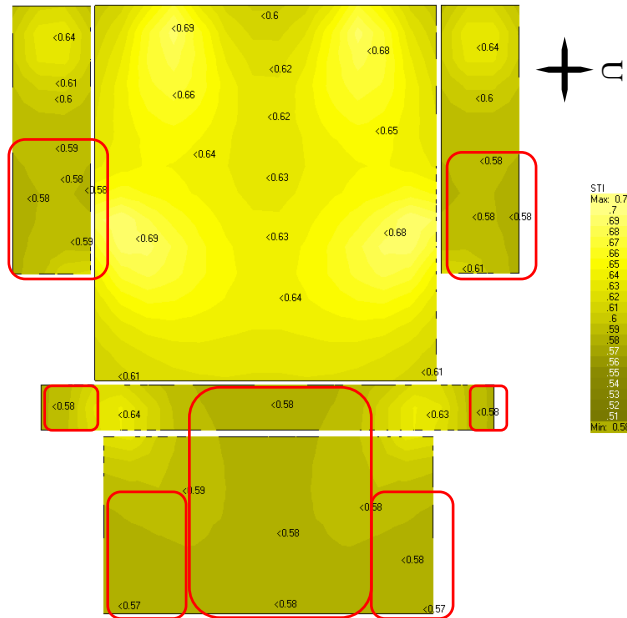


Gambar 4.34 Distribusi %Alcons (*Articulation Loss*) Variasi 4



Gambar 4.35 Distribusi STI (*Speech Transmission Index*) Variasi 4

Hasil simulasi untuk variasi 4 ini menunjukkan nilai kejelasan **sedang**. Nilai ini dilihat berdasarkan rata-rata pada hasil % Alcons dan STI yang masing-masing bernilai 6.29% dan 0.611. Seluruh nilai % Alcons berada dibawah nilai 8% (batas nilai **baik**), yaitu 4.03-7.63%. Sedangkan untuk STI, terdapat 38% nilai STI berada dalam nilai **sedang**, yaitu 0.58. Rentang nilai sedang ini dapat dilihat pada peta kontur Gambar 4.36, berada pada area di bagian belakang ruang lantai dua dan lantai dua bagian samping (utara dan selatan), yang kesemuanya merupakan dampak dari pemasangan speaker BS 1030 di lantai 2. Presentase ini cukup besar, sehingga nilai STI berada dalam selisih yang kecil (0.11) dengan batas nilai sedang.



Gambar 4.36 Pemetaan STI (*Speech Transmission Index*) Variasi 4

e. Pembahasan Pemasangan *Speaker* dengan Kondisi Orang Penuh Berdiri

Berdasarkan Diagram batang yang ditampilkan pada setiap variasi, maka diperoleh rangkuman kondisi dan hasil simulasi ruang untuk setiap simulasi sebagaimana tertera dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Akumulasi Nilai Kualitas Suara dalam Kondisi Penuh

Variasi	Rerata %Alcons	Rentang %Alcons	Rerata STI	Rentang STI	Nilai
1	6.07	4.37-7.31	0.617	0.581-0.676	Baik
2	6.08	4.66-7.26	0.616	0.582-0.664	Baik
3	6.25	4.39-7.58	0.612	0.574-0.675	Baik
4	6.29	4.03-7.63	0.611	0.573-0.691	Baik

Berdasarkan nilai rata-rata, dapat disimpulkan bahwa nilai kualitas suara dengan kondisi orang berdiri dan ruangan penuh,

untuk setiap variasi menunjukkan nilai yang **baik**. Terutama untuk parameter % Alcons yang diperkuat dengan rantang nilai % Alcons yang berada dibawah nilai 8% , sebagai batas kualifikasi nilai baik dan sedang. Berbeda halnya dengan rentang nilai pada parameter STI. Dimana untuk setiap variasi masih terdapat nilai yang berada dibawah nilai 0.6, sebagai batas kualifikasi bernilai **baik**. Namun nilai tersebut tidaklah jauh dari nilai 0.6, nilai terendah berada pada simulasi dengan menggunakan speaker TOA BS1030 di 4 posisi lantai 2 yaitu senilai 0.573.

Variasi 2 dan 3 memiliki nilai baik, namun berdasarkan tabel diatas dan plot pada setiap variasi menunjukkan area dengan tingkat kejelasan **sedang** yang masih cukup luas terutama pada bagian belakang lantai 2 (balkon). Terlihat bahwa speaker SB1030 belum mampu untuk memberikan nilai yang baik area di bagian belakang lantai dua. Terlihat dari simulasi STI yang menghasilkan nilai dibawah 0.6. Hal ini dapat terjadi karena nilai sensitivitas speaker dan daya masukannya lebih kecil dibandingkan dengan F2000.

Hasil variasi tersebut menunjukkan perbedaan hasil untuk setiap variasi. Nilai terbaik dapat dilihat pada variasi 2 dengan menempatkan *speaker* di lantai 2 yang samadengan speaker pada lantai 1, yaitu TOA F2000. Distribusi **baik** terlihat merata dengan hanya 6% nilai STI berada dibawah nilai 0.6. Rerata variasi 2 baik % Alcons maupun STI lebih buruk daripada variasi 1 yang menempatkan speaker BS1030 di lantai 2 bagian depan. Namun dalam variasi 1 ini, prosentase nilai dibawah 0.6 untuk STI lebih besar (15%) dibandingkan dengan variasi 2 (6%). Kemerataan nilai pada variasi 2 ini dapat diperoleh dengan kualitas *speaker* yang dimiliki oleh F2000.

Hal yang membedakan antara speaker BS1030 dan F2000 adalah pada tingkat sensitivitasnya. Speaker F2000 memiliki sensitivitas 92 dB (dengan masukan 1 W untuk jarak 1 m) dan dengan daya masukan maksimal sebesar 60 W. Nilai ini lebih baik daripada sensitivitas speaker BS1030 yaitu sebesar 90 dB (1 W, 1m). Sehingga dengan daya masukan yang sama, speaker F2000 mampu menghasilkan tingkat tekanan bunyi yang lebih baik. Daya

masukannya maksimal yang diberikan juga berpengaruh pada suara yang dihasilkan dari speaker ini. Sehingga untuk mencapai titik pendengar yang sama, speaker F2000 dapat menghasilkan nilai tingkat tekanan bunyi yang lebih besar daripada speaker BS1030.

Sudut cakupan Speaker F2000 juga ikut memberikan andil dalam simulasi ini. F2000 merupakan speaker dengan sudut cakupan yang lebar, yaitu mencapai 110° untuk kondisi horizontal. Hal ini hampir sama dengan speaker BS1030, yang memiliki sudut cakupan horizontal sebesar 100° . Sedangkan cakupan vertikal memiliki sudut yang sama yaitu 100° . Sudut cakupan ini menunjukkan luasan yang dapat dicapai suara hingga ia berkurang 6dB dibandingkan dengan tingkat tekanan bunyi dalam satu aksis pusat speaker. Sehingga, semakin besar nilai *coverage angle* ini semakin besar, semakin besar pula cakupan speaker. Namun juga keterarahan speaker semakin kecil.

Berdasarkan simulasi ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa seluruh simulasi dengan kondisi seluruh ruangan penuh dengan orang berdiri dapat diaplikasikan dengan nilai rata-rata yang baik. Namun untuk pemerataan tingkat kejelasan, dapat dipilih variasi 1 dan 2. Dengan pertimbangan harga variasi 1 membutuhkan dana yang lebih sedikit, karena berdasarkan harga speaker, BS 1030 memiliki harga yang lebih rendah dibandingkan dengan F2000. Dan nyatanya nilai kejelasannya lebih baik, meskipun kemerataannya tidak sebaik pemasangan F2000 di empat posisi speaker di lantai 2.

Halaman ini memang dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data dan analisa yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Kualitas akustik ruang masjid Al Aqsha masih dibawah ambang yang disarankan untuk ruang masjid dengan nilai waktu dengung sebesar 2,24 detik. Lebih tinggi dari nilai yang direkomendasikan untuk ruang masjid ini sebesar 1,9 detik, dan C_{50} senilai -1,98dB & D_{50} senilai 27% yang bernilai lebih rendah dari kualitas baiknya ruangan (diatas 2dB untuk C_{50} dan diatas 45% untuk D_{50}). Sehingga memerlukan perancangan perbaikan.
2. Perbaikan kualitas akustik ruang masjid Al Aqsha dengan parameter RT60 dapat dilakukan dengan beberapa pilihan diantaranya :
 - a. Dengan menambahkan karpet (yang sama dengan karpet yang sudah terpasang) pada seluruh permukaan lantai di ruang lantai satu, akan menghasilkan waktu dengung sebesar 1,84 detik.
 - b. Cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan karpet seluas 73,6 m² yaitu dengan menambah 1 gulung karpet pada bagian tempat sholat lelaki (depan) dan baris depan bagian laki-laki, serta di bagian paling belakang dibawah balkon. Serta melepas kaca diatas pintulantai satu bagian samping depan (4 buah) dan 8 buah kaca diatas pintu bagian belakang. Sehingga total luas yang diperoleh adalah sebesar 8,96 m². Sehingga diperoleh nilai waktu dengung sebesar 1,89 detik.
3. Pemasangan speaker yang dapat diterapkan dalam masjid adalah dengan speaker TOA F2000 pada lantai 1, sedangkan pada lantai 2 dapat menggunakan variasi baik TOA BS1030 maupun F2000. Namun untuk hasil yang lebih baik dapat menggunakan speaker F2000 di empat posisi yang telah

ditentukan di lantai 2 atau dengan speaker BS1030 di bagian depan dan F2000 di bagian belakang.

5.2. Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian yang sejenis adalah :

1. Menerapkan lebih banyak parameter akustik dalam penilaian kondisi ruang maupun dalam penempatan *speaker*
2. Melakukan perancangan dan pemilihan *speaker* dengan perhitungan matematis terlebih dahulu untuk memudahkan dalam simulasi dan analisa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahnert, Wolfgang, Hans-Peter Tennhardt. 2008. *Handbook of Sound Engineer : Acoustic for Auditoriums and Concert Halls*. USA : Focal Print
- Anonim. 2013. *Desain Sistem Integrasi Audio pada Gereja Trinitas Cengkareng*.
<http://vokuz.com/desain-sistem-integrasi-audio-gereja-trinitas-cengkareng> diakses pada 01 September 2016 pukul 06.30.
- Anonim. 2013. *How to Understand Speaker Specs*.
<http://www.cedia.org/blog/how-to-understand-speaker-specs> diakses pada 23 Januari 2017 pukul 11.30
- Anonim. 2017. *Speaker Layout and Sound Pressure Level*.
http://www.yamahaproaudio.com/global/en/training_support/better_sound/part2/02/ diakses pada 25 Januari 2017 pukul 1.05
- Ballou, Glen. 2008. *Handbook for Sound Engineers-Fouth edition*. USA : Focal print (Elsevier)
- Czerwinski, A, Z. Dziechciowski. 2014. *Evaluation of Acoustical Properties of an Auditorium after a Modernisation Program*. ACTA PHYSICA POLONICA A, Vol. 125 (2014)
- Eargle, John. 1999. *Sound System Design Reference Manual*. JBL Professional
- Eldien, H. Hossam, H. Al Qahtani. 2012. *The Acoustical Performance of Mosques Main Prayer Hall Geometry in the Eastern Provoince, Saudi Arabia*. Proceeding of the Acoustics 2012 Nantes Conference.
- Harun, Mokhtar, dkk. 2000. *Speech Intelligibility Evaluation for Mosque*. Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia
- Indrani, Hedy C., Sri NastitiN. E, Wiratno A. Asmoro. 2007. *Analisis Kinerja Akustik pada Ruang Auditorium Multifungsi*. Dimensi Interior, Vol. 5, No. 1
- James, Adrian. 2014. *Absorption Coefficient*.
http://www.acoustic.ua/st/web_absorption_data_eng.pdf diakses pada Januari 2017

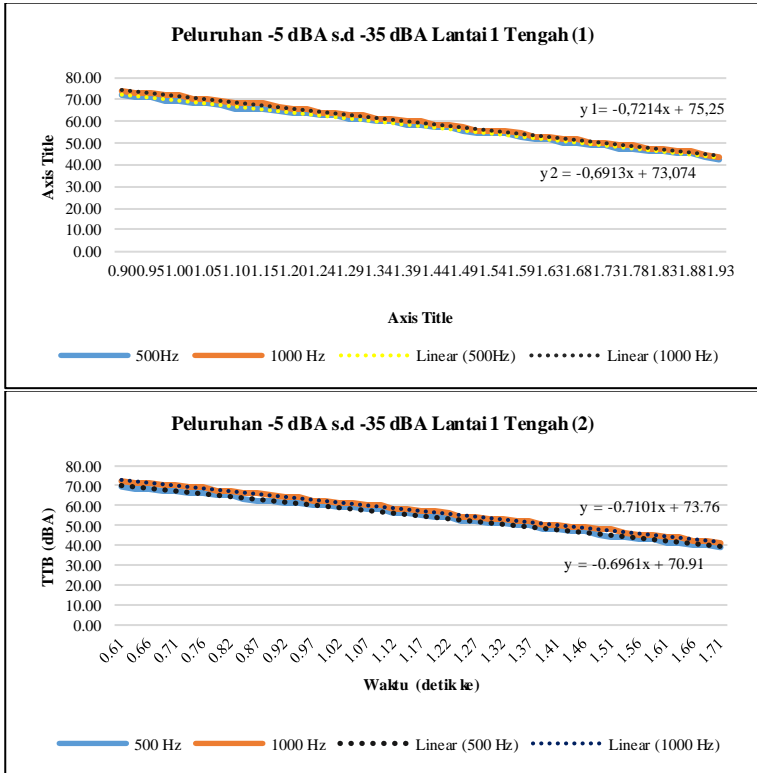
- Kassim, DG. H., dkk. 2015. *“The Acoustical Characteristics of The Sayyidina Abu Bakar Mosque, UTeM”*. Taylor’s University : Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 10, No. 1 (2015) 97-110
- Kayili, Mutbul. 2005. *Acoustic Solutions in Classic Ottoman Architercture*. United Kingdom: FSTC Limited
- Menasco, David. 2002. *TOA Electronic Speaker Guide*. TOA Electronis, inc.
- Sü, Zühre, Semiha Yilmazer. 2007. *Acoustical Characteristics of the Kocatepe Mosque in Ankara, Turkey*. Acoustical Science Review, Volume 51.1, pp 21-30
- Sumoro, Hadi. *Kebutuhan Sound System*.
http://www.hadisumoro.com/uploads/2/5/5/3/25532092/kebutuhan_sound_system.pdf diakses pada 17 Januari 2017 pukul 12.53
- Vorlander, M. 2007. *Material Data*.
http://cds.cern.ch/record/1251519/files/978-3-540-48830-9_BookBackMatter.pdf diakses pada Januari 2017
- Wiratno, Asmoro A. 2007. *“The Determination of Acoustical Absorbing Materials in The “Al-Marwah” Room of “Al-Akbar” Mosque in Surabaya”*. Majalah IPTEK, Vol. 18, No. 2
- Yusof, Khairunnisa Binti Mohd. 2015. *The Effect of High Reverberant Sound Level on Speech Intelligibility of Malay Words*. Universiti Teknologi Malaysia : Faculty of Electrical Engineering.
- Zuyyinati, Ika Budi S, dkk. 2015. *Penerapan Elemen-Elemen Akustika Ruang Dalam pada Perancangan Auditorium Mono Fungs, Sidoarjo – Jawa Timur*. Universitas Brawijaya : Fakultas Teknik.

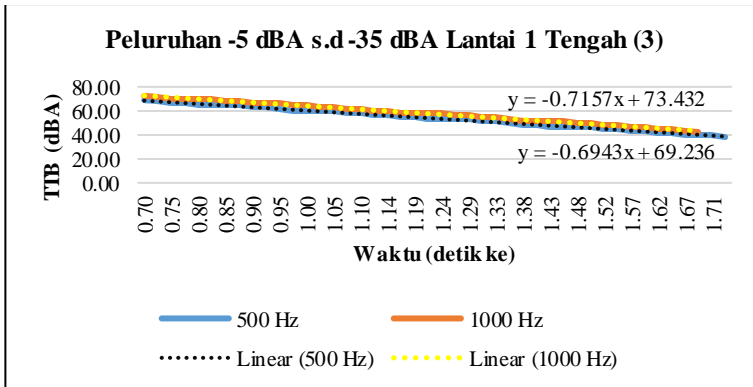
LAMPIRAN

A. Data Hasil Pengukuran

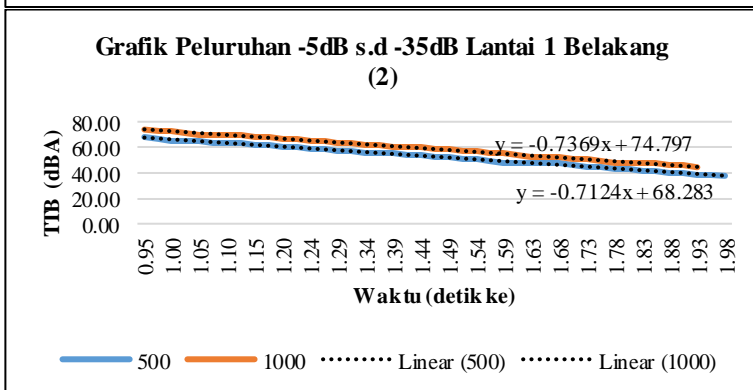
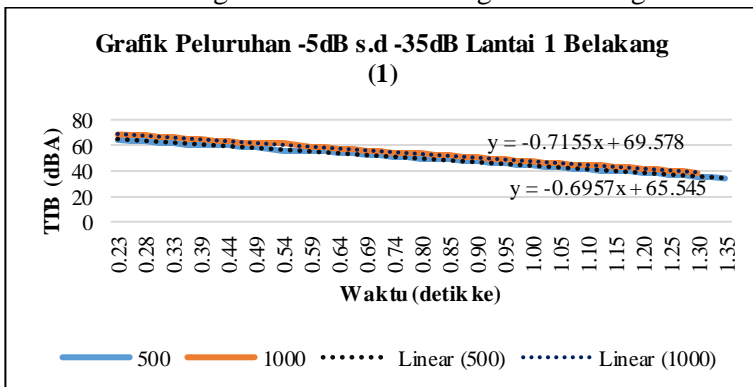
1. Grafik Peluruhan Tingkat Tekanan Bunyi (-5dB s.d -35dB) untuk setiap Posisi :

a. Posisi Pengukuran di Lantai 1 bagian Tengah

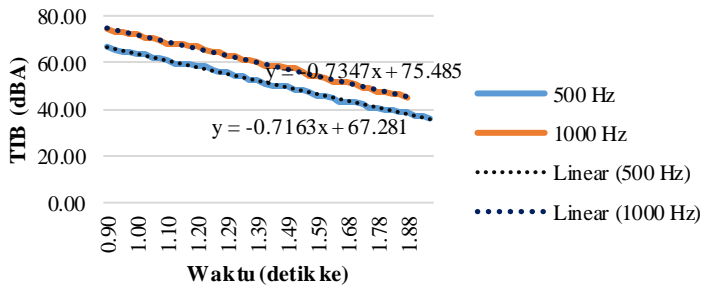




b. Posisi Pengukuran di Lantai 1 bagian Belakang

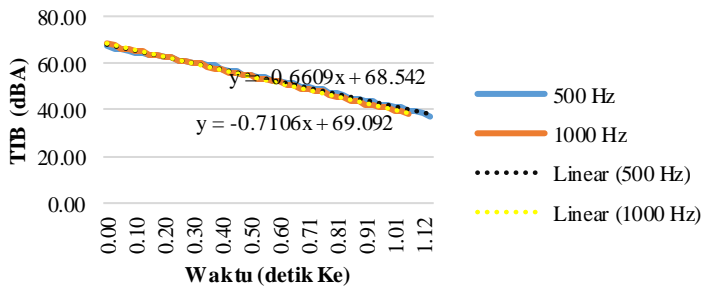


Peluruhan -5dBA s.d -35dBA Lantai 1 Belakang (3)

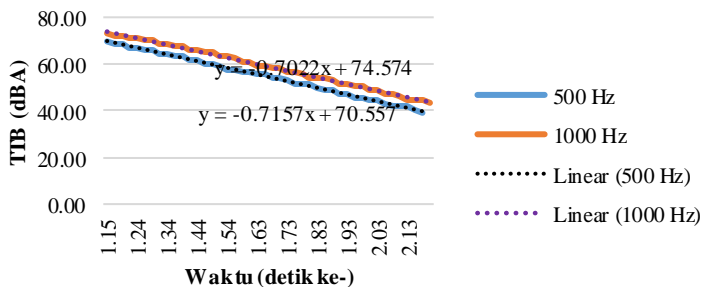


c. Posisi Pengukuran di Lantai 2 bagian Samping

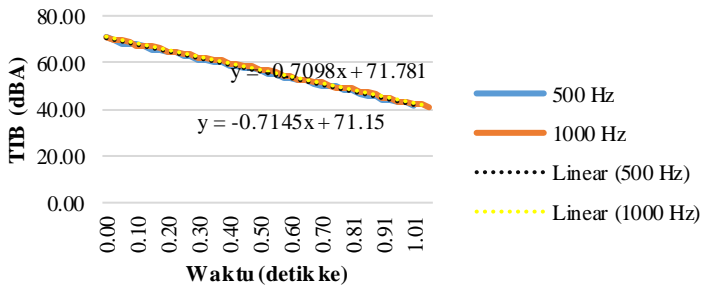
Peluruhan -5dBA s.d -35dBA Lantai 2 Samping (1)



Peluruhan -5dBA s.d -35 dBA Lantai 2 Samping (2)

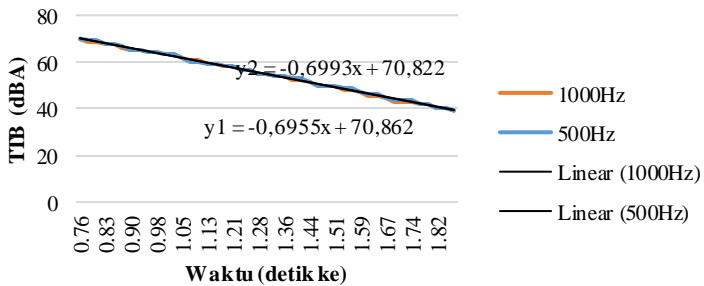


Peluruhan -5 dBA s.d -35 dBA Lantai 2 Samping (3)

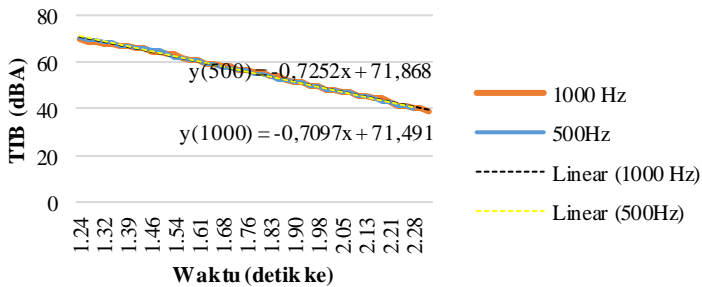


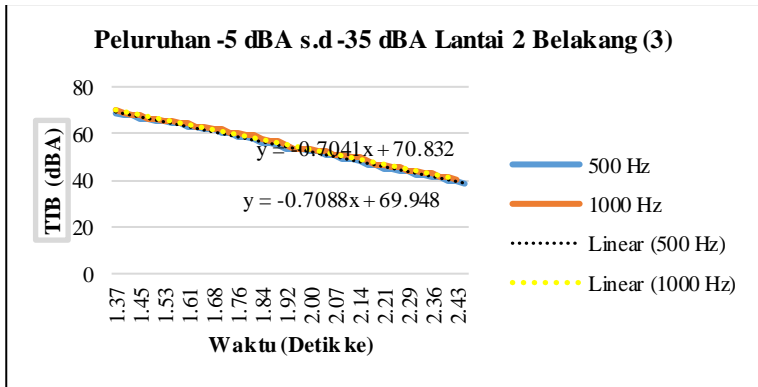
d. Posisi Pengukuran di Lantai 2 bagian Belakang

Peluruhan -5dBA s.d -35 dBA Lantai 2 Belakang (1)



Peluruhan -5dBA s.d -35 dBA Lantai 2 Belakang (2)





2. Data RT30 setiap posisi

Hasil Pengukuran RT 30 untuk Frekuensi 500Hz

Posisi Pengukuran	RT30 (detik) untuk pengukuran ke-			RT30 Rerata (detik)
	1	2	3	
Lantai 1 Tengah	1,03	1,10	1,04	1,06
Lantai 1 Belakang	1,12	1,02	1,05	1,06
Lantai 2 Belakang	1,12	1,04	1,08	1,08
Lantai 2 Samping	1,14	1,04	1,01	1,06

Hasil Pengukuran RT 30 untuk Frekuensi 1000Hz

Posisi Pengukuran	RT30 (detik) untuk pengukuran ke-			RT30 Rerata (detik)
	1	2	3	
Lantai 1 Tengah	1,03	1,10	0,99	1,04
Lantai 1 Belakang	1,06	0,98	0,98	1,01
Lantai 2 Belakang	1,12	1,09	1,06	1,09
Lantai 2 Samping	1,07	1,06	1,06	1,06

Hasil Pengukuran RT 30

Posisi Pengukuran	RT30 (detik) untuk frekuensi		Rerata RT30 (detik)
	500 Hz	1000 Hz	
Lantai 1 Tengah	1,06	1,04	1,05
Lantai 1 Belakang	1,06	1,01	1,04
Lantai 2 Belakang	1,08	1,09	1,09
Lantai 2 Samping	1,06	1,06	1,06
RT30			1,06

3. Data EDT (*Early Decay Time*) setiap posisi Hasil Pengukuran EDT untuk Frekuensi 500Hz

Posisi Pengukuran	EDT (detik) untuk pengukuran ke-			EDT Rerata (detik)
	1	2	3	
Lantai 1 Tengah	0,54	0,53	0,48	0,52
Lantai 1 Belakang	0,46	0,62	0,51	0,53
Lantai 2 Belakang	0,49	0,56	0,49	0,51
Lantai 2 Samping	0,49	0,56	0,51	0,52

Hasil Pengukuran EDT untuk Frekuensi 1000Hz

Posisi Pengukuran	EDT (detik) untuk pengukuran ke-			EDT Rerata (detik)
	1	2	3	
Lantai 1 Tengah	0,49	0,50	0,50	0,50
Lantai 1 Belakang	0,44	0,57	0,51	0,51
Lantai 2 Belakang	0,49	0,56	0,49	0,51
Lantai 2 Samping	0,44	0,56	0,46	0,49

Hasil Pengukuran EDT

Posisi Pengukuran	EDT (detik) untuk frekuensi		Rerata EDT (detik)
	500 Hz	1000 Hz	
Lantai 1 Tengah	0,52	0,50	0,51
Lantai 1 Belakang	0,53	0,51	0,52
Lantai 2 Belakang	0,51	0,51	0,51
Lantai 2 Samping	0,52	0,49	0,50
EDT			051

B. Koefisien Absorpsi Material dalam Masjid

No.	Permukaan	Koefisien Absorpsi (α)	
		500Hz	1000Hz
1.	Plafon (Gypsum)	0,05	0,04
2.	Lantai Keramik	0,01	0,02
3.	Dinding Granit	0,01	0,01
4.	Dinding Cat	0,02	0,02
5.	Dinding Plaster	0,02	0,03
6.	Ventilasi 1	0,6	0,6
7.	Ventilasi 2	0,3	0,3
8.	Jendela dan pintu	0,03	0,03
9.	Kusen	0,03	0,03
10.	Pintu	0,15	0,1
11.	Kolom (Tiang Beton)	0,01	0,02
12.	Karpet	0,09	0,23
13.	Papan Triplek Pembatas	0,1	0,08
14.	Pembatas Tangga	1	1

C. Spesifikasi Speaker

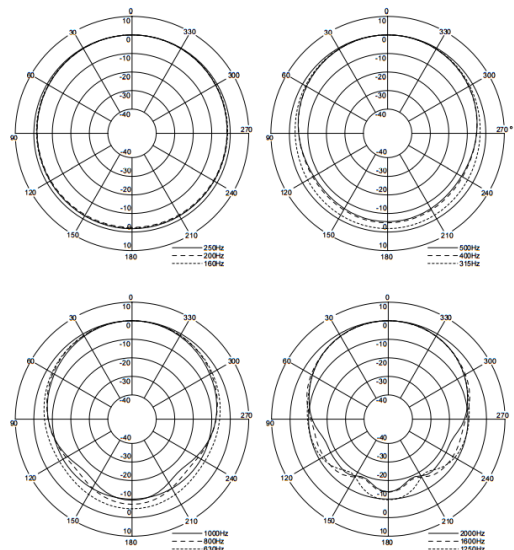
1. TOA BS-1030



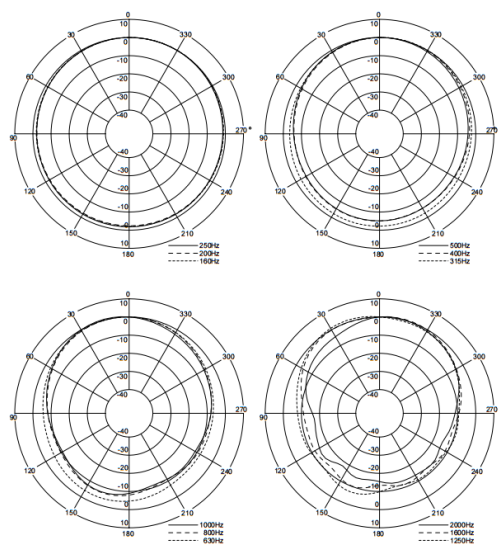
Model No.	BS-1030B / BS-1030W
Enclosure Type	Two-way bass reflex
Speaker Components	4.72" (12 cm) dynamic cone-type speaker 1" (2.5 cm) balanced dome tweeter
Impedance/Power Tap (screwdriver-adjustable rotary switch)	70.7 V line: 30 W (170 Ω), 20 W (250 Ω), 15 W (330 Ω), 10 W (500 Ω), 5 W (1k Ω) 100 V line: 30 W (330 Ω), 20 W (500 Ω), 15 W (670 Ω), 10 W (1k Ω), 5 W (2k Ω) Direct: 8 Ω
Sensitivity (1 W/1 m, anechoic chamber)	90 dB SPL
Power Handling	
Continuous Program:	90 W (8-ohm)
Continuous Pink Noise (24 hrs.):	30 W (8-ohm)
Transformer:	30 W (70.7 V, 100 V line)
Frequency Response	80 – 20,000 Hz
Crossover Frequency	4 kHz

Speaker Cable	2-conductor cable
Weather Resistance Rating (IEC 60529)	IP-X4 (Protected against water sprayed from all directions - limited ingress)
Material / Finish	BS-1030B: Enclosure: ABS resin, black, acrylic paint, UV-resistant Grille/Bracket: Surface-treated steel plate, black, powder coating BS-1030W: Enclosure: ABS resin, white, acrylic paint, UV-resistant Grille/Bracket: Surface-treated steel plate, white, powder coating
Operating Temperature	14° F to 122° F (-10° C to +50° C)
Dimensions (W x H x D)	7.72" x 11.42" x 5.91" (196 mm x 290 mm x 150 mm)
Weight (without bracket)	5.51 lbs. (2.5 kg)
Accessories (included)	Bracket x1, Bracket Mounting Screw x2, Bracket Mounting Washer x2

Horizontal



Vertical



2. TOA F2000

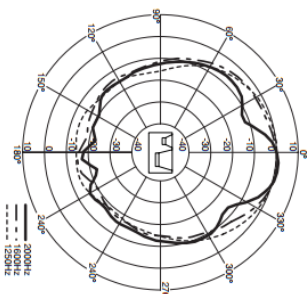
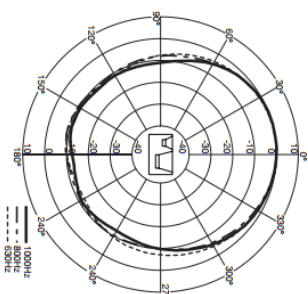
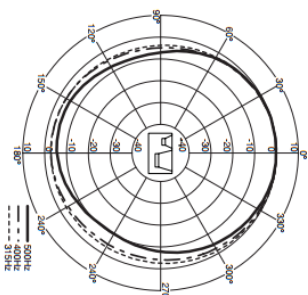
SPECIFICATIONS

Model No.	F-2000B	F-2000W	F-2000BT	F-2000WT	F-2000BTWP*	F-2000WTWP*
Enclosure Type	Bass-reflex type					
Power Handling Capacity	60 W (continuous pink noise) 180 W (continuous program)					
Rated Input	—					
Rated Impedance	8 Ω	8 Ω	8 Ω	8 Ω	60 W	60 W
		100V line: 170Ω (60W), 330 Ω (30W), 670 Ω (15W), 3.3 kΩ (3W) 70V line: 85Ω (60W), 170Ω (30W), 330 Ω (15W), 670 Ω (7.5W), 3.3 kΩ (1.5W)			100V line: 170Ω (60W), 330 Ω (30W), 670 Ω (15W), 3.3 kΩ (3W) 70V line: 85Ω (60W), 170Ω (30W), 330 Ω (15W), 670 Ω (7.5W), 3.3 kΩ (1.5W)	
Sensitivity	92 dB (1W, 1m) at installation in 1/2 free sound field 93 dB (1W, 1m) at installation in 1/2 free sound field (with horn adapter)					
Frequency Response	65~20,000 Hz, -10 dB at installation in 1/2 free sound field					
Crossover Frequency	2.5 kHz					
Directivity Angle	Horizontal: 110° Vertical: 100° Horizontal: 80° Vertical: 80° (with horn adapter)					
Speaker Component	Low frequency: 20 cm (8") cone-type High frequency: 25 mm (1") dome tweeter					
Input Terminal	Push-in terminal					
Water Protection	—					
Operating Temperature	IPX4					
Finish	Enclosure: HIPS resin, black Punched net: Surface-treated steel plate, black, paint Joint bracket, wall bracket: Steel plate, 12.0, black, paint Speaker bracket: Die-cast aluminum, black, paint	Enclosure: HIPS resin, white Punched net: Surface-treated steel plate, white, paint Joint bracket, wall bracket: Steel plate, 12.0, white, paint Speaker bracket: Die-cast aluminum, white, paint	Enclosure: HIPS resin, black Punched net: Surface-treated steel plate, black, paint Joint bracket, wall bracket: Steel plate, 12.0, black, paint Speaker bracket: Die-cast aluminum, black, paint	Enclosure: HIPS resin, white Punched net: Surface-treated steel plate, white, paint Joint bracket, wall bracket: Steel plate, 12.0, white, paint Speaker bracket: Die-cast aluminum, white, paint	Enclosure: HIPS resin, black Punched net: Surface-treated steel plate, black, anticomsove paint Joint bracket, wall bracket: Steel plate, 12.0, white, paint Speaker bracket: Die-cast aluminum, black, paint	Enclosure: HIPS resin, white Punched net: Surface-treated steel plate, white, anticomsove paint Joint bracket, wall bracket: Steel plate, 12.0, white, paint Speaker bracket: Die-cast aluminum, white, paint
Dimensions	244 (W) × 375 (H) × 235 (D) mm (9.61" × 14.69" × 9.25")					
Weight	6.5 kg (14.33 lb) (including the supplied brackets)					
Accessories	7.4 kg (16.31 lb) (including the supplied brackets)					
	Speaker bracket: × 1, Joint bracket: × 1, Wall bracket: × 1, Bracket fixing screw: × 1 set Horn adapter: × 1, Horn adapter mounting screw: × 4 Terminal cover: × 1, Terminal cover mounting screw: × 4	Speaker bracket: × 1, Joint bracket: × 1, Wall bracket: × 1, Bracket fixing screw: × 1 set Horn adapter: × 1, Horn adapter mounting screw: × 4 Terminal cover: × 1, Terminal cover mounting screw: × 4	Speaker bracket: × 1, Joint bracket: × 1, Wall bracket: × 1, Bracket fixing screw: × 1 set Horn adapter: × 1, Horn adapter mounting screw: × 4 Terminal cover: × 1, Terminal cover mounting screw: × 4	Speaker bracket: × 1, Joint bracket: × 1, Wall bracket: × 1, Bracket fixing screw: × 1 set Horn adapter: × 1, Horn adapter mounting screw: × 4 Terminal cover: × 1, Terminal cover mounting screw: × 4	Speaker bracket: × 1, Joint bracket: × 1, Wall bracket: × 1, Bracket fixing screw: × 1 set Horn adapter: × 1, Horn adapter mounting screw: × 4 Terminal cover: × 1, Terminal cover mounting screw: × 4	Speaker bracket: × 1, Joint bracket: × 1, Wall bracket: × 1, Bracket fixing screw: × 1 set Horn adapter: × 1, Horn adapter mounting screw: × 4 Terminal cover: × 1, Terminal cover mounting screw: × 4
Options	Ceiling mount bracket: HY-CM208 Cluster bracket: HY-CL208 Speaker stand: ST-16A	Ceiling mount bracket: HY-CM208 Cluster bracket: HY-CL208 Speaker stand: ST-16A	Ceiling mount bracket: HY-CM208 Cluster bracket: HY-CL208 Speaker stand: ST-16A	Ceiling mount bracket: HY-CM208 Cluster bracket: HY-CL208 Speaker stand: ST-16A	Ceiling mount bracket: HY-CM208 Cluster bracket: HY-CL208 Speaker stand: ST-16A	Ceiling mount bracket: HY-CM208 Cluster bracket: HY-CL208 Speaker stand: ST-16A
Recommended Subwoofer	FB-100, FB-120B/W					

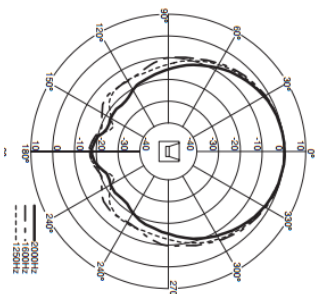
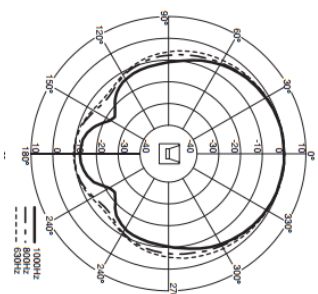
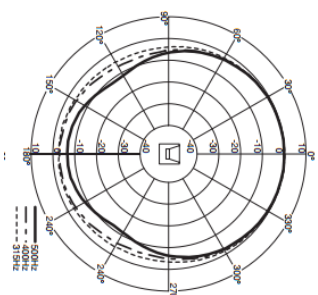
* Note: Do not install the speaker at places where it is likely to be corroded such as bathroom, indoor pools or seaside.



vertical



horizontal

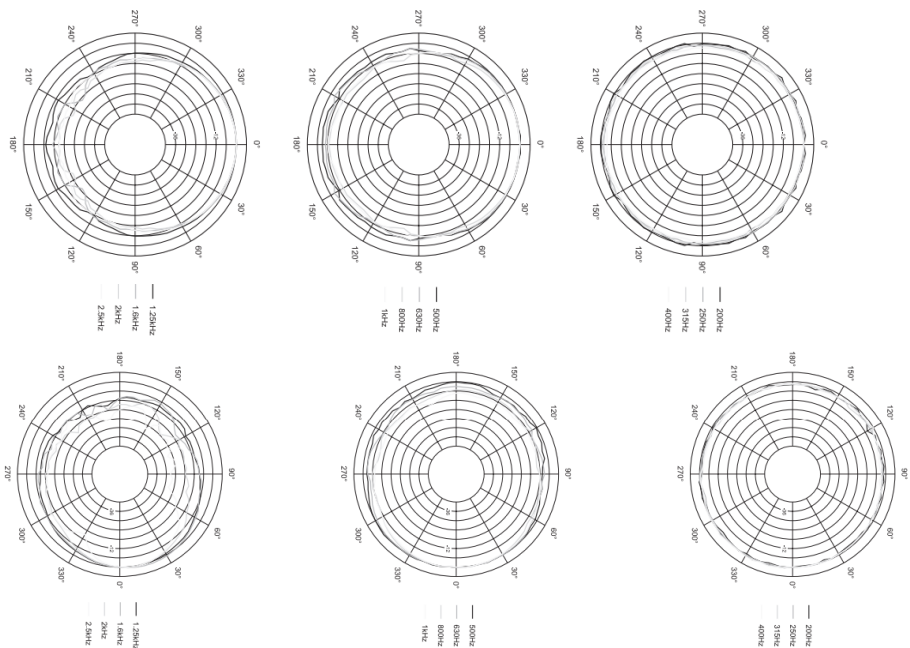


3. JBL Control 23

Specifications:

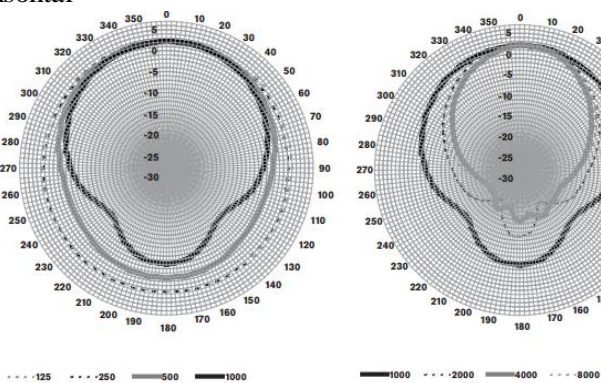
Frequency Range (-10 dB) ¹ :	85 Hz to 22 kHz
Continuous Program Power Capacity ² :	50 Watts
Sensitivity ³ :	86 dB SPL, 1W, 1m
Directivity Factor (Q):	4.8
Directivity Index (DI):	6.8
Nominal Impedance:	8 ohms
Crossover Frequency:	3.5 kHz
LF Driver:	88 mm (3.5 in) Polypropylene cone w/WeatherEdge
HF Driver:	13 mm (.5 in) Titanium coated polycarbonate
Enclosure Material:	HIPS (High Impact Polystyrene)
Overload Protection:	Full-Range power limiting to protect network and transducers
Termination:	Spring terminals, accepts banana plug
Environmental:	Conforms to Mil Spec 810 for humidity, salt spray, temperature & UV. IEC 529 IP-X4 splashproof rating.
Dimensions (H x W x D):	193 x 140 x 111 mm (7.6 x 5.5 x 4.4 in)
Net Weight (ea):	1.8 kg (4 lbs)
Shipping Weight (pr):	4.1 kg (9 lbs)
Included Accessories:	Invisiball Assembly 4 mm x 80 mm hex key
Optional Accessories:	
MTC-23SSG	Stainless Steel Grille. Silver, black (-BK) or White (-WH)
MTC-23WMG	Weather Max™ Grille with backing to break up driving rain. Black or white (-WH)
MTC-PC2	Input panel cover protects input terminals in outdoor environments
MTC-23CM:	Ceiling-mount adapter.
MTC-23V:	For vertical columnar orientation of up to 3 loudspeakers
MTC-25/23H:	For horizontal splaying of two speakers. Three brackets array up to six loudspeakers in a 360° array.



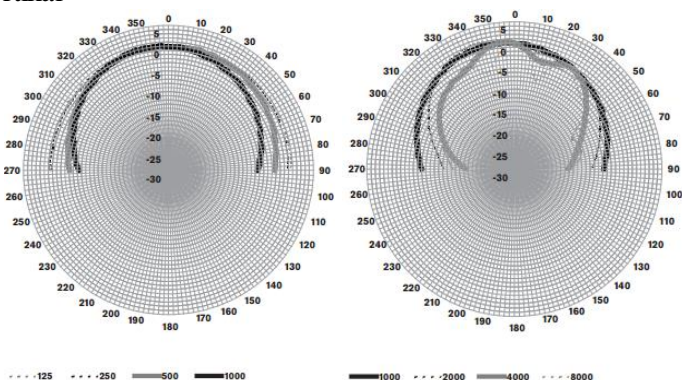


4. Bosch LB2-U30

Horizontal



Vertikal



Technical specifications

Electrical*		
Product	LB2-UC15-(D/L)	LB2-UC30-(D/L)
Description	Premium-sound Cabinet Loudspeaker	Premium-sound Cabinet Loudspeaker
Maximum power	22.5 W	45 W
Rated power (PHC)	15 W	30 W
Power tapping	15 / 7.5 / 3.75 / 1.9 W	30 / 15 / 7.5 / 3.75 W
Sound pressure level at rated power / 1 W (1 kHz, 1 m)	98/86 dB (SPL)	105/90 dB (SPL)
Effective frequency range (-10 dB)	95 Hz to 19.5 kHz	100 Hz to 18.5 kHz
Opening angle at 1 kHz / 4 kHz (-6 dB)	179° / 101° (hor.) 168° / 35° (ver.)	160° / 81° (hor.) 150° / 90° (ver.)
Rated input voltage	11/70/100 V	15.5/70/100 V
Rated impedance	8 / 326 / 667 ohm	8 / 163 / 333 ohm
Transducers	101.6 mm (4") woofer, 13 mm (0.51") dome tweeter	127 mm (5") woofer, 13 mm (0.51") dome tweeter
Connection	2 m (78.8 in.) two-wire cable	2 m (78.8 in.) two-wire cable
* Technical performance data acc. to IEC 60268-5		
Mechanical		
Dimensions (H x W x D)	205 x 136 x 117 mm (8.07 x 5.35 x 4.60 in)	250 x 160 x 140 mm (9.84 x 6.30 x 5.51 in)
Weight	Approx. 1.9 kg (4.18 lb)	Approx. 2.4 kg (5.29 lb)
Color	White (RAL 9010) (L) or Charcoal (RAL 7021) (D)	White (RAL 9010) (L) or Charcoal (RAL 7021) (D)
Environmental		
Operating temperature	-25 °C to +55 °C (-13 °F to +131 °F)	
Storage temperature	-40 °C to +70 °C (-40 °F to +158 °F)	
Relative humidity	<95%	



BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Amron Basuki, dan biasa dipanggil Amron. Penulis lahir di Ngawi, 29 Januari 1994. Riwayat pendidikan penulis yaitu; Madrasah Ibtidaiyah YASPI VI Bayemrejo (2000/2006), MTs N Ketanggung (2006/2009), SMA N Baturetno (2009/2010), SMA N 1 Sine (2010/2012), dan terakhir penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Fisika ITS (2012 – 2017).

Selama masa kuliah, penulis aktif di beberapa organisasi diantaranya diberikan amanah besar memimpin Lembaga Dakwah kampus (LDK) JMMI TPPI ITS (2015/2016), Koordinator *Steering Committee* FSLDKD Surabaya Raya VII (2015), dan menjadi delegasi JMMI dalam Asean Muslim Student Summit, Malaysia (2016). Penulis juga menjadi asisten laboratorium Vibrasi dan Akustik. Penulis merupakan alumni Rumah Kepemimpinan, dan saat ini menjadi Supervisor Rumah Kepemimpinan Surabaya. Salah satu mimpi penulis adalah menjadi pengembang pedesaan, khususnya di bidang pertanian, peternakan, dan pendidikan.